N° D'ORDRE : 23

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

POUR L'OBTENTION

DU GRADE DE DOCTEUR ES SCIENCES NATURELLES

PAR

JEAN PADOVANI

Licencié ès Sciences
Diplômé d'Etudes Supérieures de Sciences Naturelles

1re **THESE.** — CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA CROISSANCE DYSHARMONIQUE CHEZ LES ORTHOPTÈRES.

2me **THESE.** — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 19 MAI 1943 *devant la Commission d'examen*

MM. le Doyen CORROY, *Président*
BUISSON, KOLLMANN } *Examinateurs*

MARSEILLE
IMPRIMERIE DE LA SOCIÉTÉ DU « PETIT MARSEILLAIS »
19e, Cours du Vieux-Port, 19e

1943

N° D'ORDRE : 23

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

POUR L'OBTENTION

DU GRADE DE DOCTEUR ES SCIENCES NATURELLES

PAR

JEAN PADOVANI

Licencié ès Sciences
Diplômé d'Etudes Supérieures de Sciences Naturelles

1re **THESE.** — CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA CROISSANCE DYSHARMONIQUE CHEZ LES ORTHOPTÈRES.

2me **THESE.** — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 19 MAI 1943 *devant la Commission d'examen*

MM. le Doyen CORROY, *Président*
BUISSON, KOLLMANN } *Examinateurs*

MARSEILLE
IMPRIMERIE DE LA SOCIÉTÉ DU « PETIT MARSEILLAIS »
19e, Cours du Vieux-Port, 19e

1943

UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE

FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

Mort au Champ d'Honneur :

M. Fr. MARTY

Maître de Conférences de Mathématiques

(14 Juin 1940)

Doyen et Professeur honoraire :

M. MARCHAUD

Professeurs honoraires :

MM. M. CAULLERY, Ch. FABRY, E. FABRY, J. PERES, L. HOULLEVIGUE, J. COTTE, E. DECROCK

Doyen : M. G. CORROY ; *Assesseur* : M. A. TIAN

Secrétaire : M. A. CASTELLA

Professeurs :

MM.	
H. BUISSON	Physique générale
P. SEVE	Physique industrielle
A. TIAN	Chimie générale
M. KOLLMANN	Zoologie générale
H. BIERRY	Physiologie
J. BOSLER	Astronomie
E. TRAYNARD	Calcul différentiel et intégral
L. MARGAILLAN	Chimie industrielle
G. CORROY	Géologie et Minéralogie
P. CHOUX	Botanique générale
E. RAYMOND	Chimie P. C. B.
R. THIRY	Mécanique rationnelle et Mécanique des fluides
G. PETIT	Biologie animale
H. PRAT	Biologie végétale

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Maîtres de Conférences :

MM.	
C. JAUSSERAN	Physique P. C. B.
ROGER (1)	Mathématiques
L. SACKMANN	Mécanique des fluides

Chargés de Conférences :

MM.	
J. ROCHE	Chimie
G. DENIZOT	Géographie physique et Géologie appliquée
E. CALVET	Chimie
J. TIMON-DAVID	Zoologie agricole
A. FAVRE	Mécanique des fluides

Maîtres de Conférences honoraires :

MM. E. MEISSONNIER, L. LAURENT, H. BIMAR

(1) Prisonnier de guerre. Suppléé par M. E. Blanc.

A LA MEMOIRE DE MON PERE

A MA MERE

A MA FEMME

A TOUS MES PARENTS ET AMIS

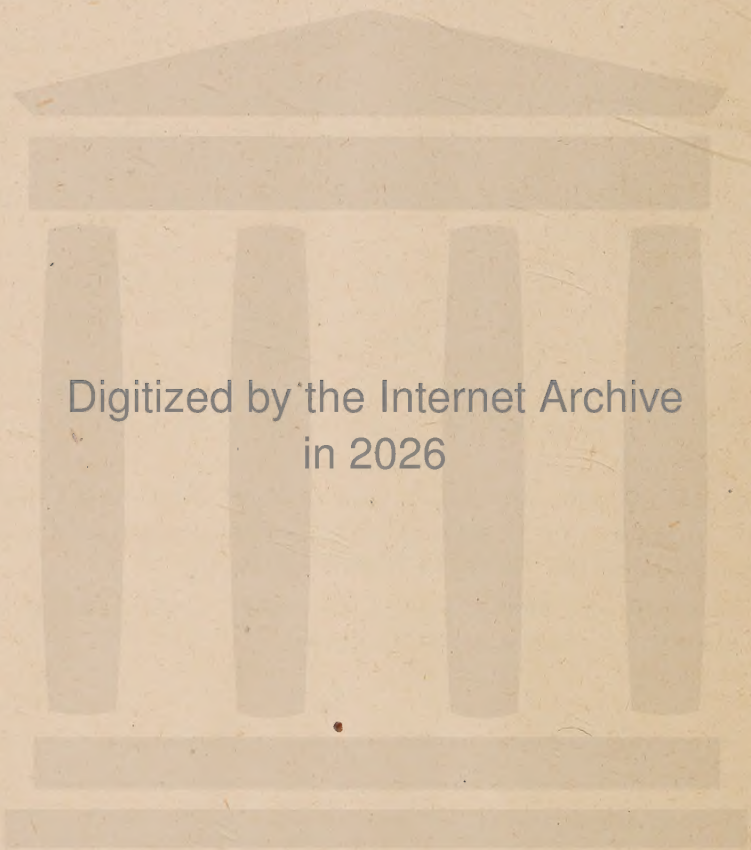
M. le Professeur KOLLMANN *a été pour moi, au laboratoire, un initiateur patient et un guide plein d'indulgence. En dehors de la Faculté il a bien voulu m'honorer de son amitié et être un soutien moral considérablement puissant au cours d'épreuves diverses que la vie m'a imposées.*

Tous ceux qui ont eu ou qui ont le bonheur de l'approcher et de travailler avec lui, se joindront à moi pour louer à la fois sa modestie de savant et son talent de professeur.

C'est avec émotion que je remplis un agréable devoir en lui rendant ici un solennel hommage et en l'assurant de ma profonde gratitude.

J'adresse mes vifs remerciements à M. le Doyen CORROY *et à M. le Professeur* BUISSON *pour leurs conseils précieux et l'amabilité avec laquelle ils m'ont aidé.*

Enfin, je me plais à témoigner ma reconnaissance à M^me^ et M. CALVET, *M^lle^* FABRE *et M.* DENIZOT.


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547003_0030

INTRODUCTION

L'étude de la croissance a pris depuis quelques années une nouvelle importance. Cela est dû à l'utilisation de méthodes mathématiques pour l'analyse de faits biologiques. Cette nouveauté a de nombreux adeptes, mais aussi, naturellement, des détracteurs. La question de l'utilité de la biologie mathématique n'a pas à être posée ici. Au reste, elle est résolue depuis certains travaux remarquables que nous allons passer en revue et l'affirmation de KOSTITZIN : « L'Histoire et la logique des sciences nous enseignent que la mathématisation d'une science est une étape inévitable et une condition nécessaire à son développement ».

Tout individu change de forme au cours de sa croissance et c'est là une première complication. Autrement dit, « l'adulte n'est pas un simple agrandissement du jeune ». Il s'ensuit que les dimensions des différents organes ne sont pas entre elles dans des rapports constants. Les variations de ces rapports seront autant de caractéristiques des divers changements de morphologie. CHAMPY et TEISSIER disent qu'il y a alors *dysharmonie*. PEZARD et HUXLEY emploient un autre mot pour le même phénomène en parlant *d'hétérogonie*. En 1936, TEISSIER et HUXLEY abandonnent les termes qu'ils avaient précédemment adoptés et conviennent de remplacer les mots de dysharmonie et d'hétérogonie par un seul : *allométrie*.

Nous pensons que le terme de dysharmonie est préférable. Il nous paraît plus explicite et plus imagé. Les mêmes auteurs désignent par allométrie positive ou négative toute croissance caractérisée par une constante d'équilibre plus grande ou plus petite que 1.

A cela, CH. PÉREZ répond que les termes de positif et de négatif doivent être réservés à des quantités plus grandes ou plus petites que zéro. Il propose de remplacer les expressions de dysharmonie positive et de dysharmonie négative par allométrie majorante et allométrie minorante.

Nous sommes partisans du maintien du terme adopté autrefois par TEISSIER : dysharmonie, mais nous adoptons volontiers le changement proposé par PÉREZ, qui rend compte de la vitesse relative d'une croissance. Nous parlerons donc de *dysharmonie majorante* et de *dysharmonie minorante*.

Ces divergences de terminologie n'ont qu'une importance secondaire et quoi qu'il en soit, le fait est identique et toutes les recherches entreprises en France et à l'étranger ont abouti à une formule à deux paramètres qui traduit la croissance des organes.

PREMIÈRE PARTIE

HISTORIQUE

Buffon, déjà, soupçonnait le fait que la croissance n'est pas une augmentation simple et égale de toutes les proportions. Il disait en effet : « Le fœtus dans le sein de la mère croît toujours de plus en plus jusqu'au moment de la naissance ; l'enfant, au contraire, croît de moins en moins jusqu'à l'âge de la puberté auquel il croît, pour ainsi dire, tout à coup, et arrive en fort peu de temps à la hauteur qu'il doit avoir pour toujours ». Buffon avait donc bien vu l'existence d'un moment critique dans l'évolution de l'individu (1).

Dally, dans un ordre d'idées voisin, apporte des précisions supplémentaires et d'un caractère plus spécial en énonçant la règle suivante : « La croissance est d'intensité inégale pour les différents os et par suite pour les différentes régions. D'où il suit que les proportions du corps humain varient selon les âges ». Ainsi se trouve soulignée l'irrégularité relative que l'on rencontre dans la croissance de certaines parties du corps.

Enfin et surtout Godin (1902-1912) a formulé les lois du développement qu'il a classées en quatre groupes. Nous les citons in extenso :

1. — Lois pubertaires :

a) la taille doit la plus grande part de son développement avant la puberté au membre inférieur, après la puberté au buste ;

b) le processus d'allongement prime avant la puberté, le processus osseux de grossissement prime pendant et après elle ;

c) la croissance est surtout osseuse avant la puberté et surtout musculaire après elle.

(1) Buffon. — Œuvres complètes, Paris, 1878, t. III, Furné-Jouvet, éditeurs.

2. — Lois des alternances :

a) L'os long grossit et s'allonge alternativement et non simultanément. Les repos de l'allongement sont utilisés pour le grossissement ;

b) Les périodes d'activité et de repos qui se succèdent, semestriellement dans l'accroissement en longeur d'un os long sont contrariées pour les deux os longs consécutifs d'un même membre.

3. — Lois des proportions :

a) Il existe trois phases dans l'évolution des variations présentées par les proportions de longueur et de largeur du corps, au cours de l'ontogénie fœtale : la première phase s'étend de la naissance à six ans, la deuxième de six à quinze ans et la troisième de quinze ans à l'âge adulte ;

b) De l'enfant naissant à l'homme chaque segment a sa manière propre de se comporter vis-à-vis de la taille.

c) Si l'accroissement proportionnel est supérieur à celui de la stature pour un segment du corps, il lui est inférieur pour le segment situé immédiatement au-dessous ou au-dessus.

4. — Lois des asymétries :

a) Il règne entre les organes binaires une asymétrie corrélative de l'hyperfonction : chez le droitier le membre supérieur droit est plus long et plus gros, l'épaule droite plus basse, etc..., caractères qui passent à gauche chez le gaucher ;

b) L'évolution des asymétries normales des organes binaires et du tronc progresse à travers l'âge en sens inverse de la croissance, mais dans le sens même de la fonction ;

c) Chez le droitier, la supériorité de longueur et de grosseur qui est à droite pour le membre supérieur, siège souvent à gauche pour le membre inférieur, ce qui détermine une suractivité fonctionnelle croisée.

Si nous n'avons pas hésité à faire figurer une citation aussi longue, c'est, il faut bien le reconnaître, qu'elle est fondamentale et basée sur une foule d'observations bien connues aujourd'hui. Ainsi, par exemple, la longueur du corps représenterait quatre fois la hauteur de la tête chez le nouveau-né d'après Stratz (1900), puis cinq fois à 2 ans, six fois à 6 ans, sept fois à 12 ans... Le membre supérieur de 20 cms, 4 de long à la naissance, atteint 42 cms, 2 à 5 ans,

53 cms, 2 à 10 ans, 64 cms, 4 à 15 ans. Le membre inférieur double sa longueur avant la troisième année et ne la quadruple que vers la quatorzième. « L'allongement du corps humain se fait surtout aux dépens des membres inférieurs, le tronc n'y apporte qu'une participation très faible », dit Dufestel (1920).

La croissance ne se fait donc pas à la même vitesse pour tous les organes et, pour un même organe on observe des périodes de croissance plus ou moins rapide. Des observations très nombreuses établissent, par ailleurs, que la croissance varie avec le sexe, le climat, les conditions de vie.

Il va sans dire que ces recherches entreprises à propos de l'étude de la croissance du corps humain ont été accompagnées d'autres recherches relatives à la croissance des animaux. En 1897, Dubois établit que chez les Mammifères le poids de l'encéphale est proportionnel à la puissance 0,56 du poids du corps, le coefficient de proportionnalité variant avec l'espèce.

Les travaux de Lapicque, en 1898, apportèrent une confirmation globale des travaux de Dubois avec, cependant, quelques précisions supplémentaires établissant une distinction entre la dysharmonie de croissance et la dysharmonie de taille. Des recherches diverses aboutissant à des résultats analogues furent faites à propos des Oiseaux ; nous ne nous y attarderons pas.

En 1918, Pezard établit que la crête du coq croît d'abord aussi vite que le corps, puis plus vite que lui.

Morgan, en 1925, remarque à propos des crabes que l'abdomen varie avec la taille, mais n'établit aucune relation. Il pense à une évolution du type femelle vers le type mâle.

Par la suite, Huxley établit que le poids de la pince (y) d'*Uca pugnax* est lié à celui du reste du corps (x) par la loi

$$y = K.x^{\alpha}$$

A peu près à la même époque, Champy ayant étudié de très nombreuses dysharmonies, les classe en trois catégories :

a) Certains organes, constituant des caractères sexuels secondaires par leur forme ou leurs dimensions, ont une dysharmonie de croissance ;

b) La croissance étant terminée, on peut observer chez des adultes de tailles différentes, une dysharmonie de taille ;

c) Enfin, de mauvaises conditions dans le régime alimentaire peuvent atténuer les caractères sexuels secondaires et on se trouve alors en présence d'une dysharmonie de nutrition.

En 1924, Donaldson étudia particulièrement le rat avec Hatai. Leurs travaux résumés par Faure-Fremiet aboutissent à des formules complexes qu'on peut remplacer maintenant par un mode de calcul simple.

Brody (1926), démontre que chez plusieurs races de vaches la longueur (l) de certains organes est liée au poids (p) de l'animal par une relation telle que :

$$l = K.p^{\alpha}$$

C'est à la même époque que Teissier trouvait une formule analogue exprimant la surface d'une ommatidie de Blatte en fonction du poids du corps.

$$s = K.p^{\alpha}$$

L'application de la formule :

$$y = K.x^{\alpha}$$

fut généralisée et appliquée avec succès dans de nombreux cas :

En 1926 par Sasaki, pour l'étude des changements de forme de la coquille de certains Mollusques ; puis par Sasaki encore, Schaw et Tazelaar pour les Crustacés.

En 1927, Schmalhausen étudie la croissance des organes de l'embryon du poulet et Huxley, par ailleurs, établit que dans certains cas, une seule courbe est insuffisante pour traduire la croissance d'un organe. Il faut considérer deux ou trois équations du même type, les paramètres K et α pouvant varier au cours de l'évolution d'un même organe.

A la même époque (1927-28-29), Teissier montre que cette loi, qu'il appelle *loi générale de dysharmonie,* s'applique à la croissance des cellules nerveuses du Porc. Il étudie en outre la croissance de *Lucanus Cervus.*

Le même auteur, en 1931, au cours d'un travail très important sur la croissance des Insectes, apporte, à propos des dysharmonies de croissance, des précisions supplémentaires qu'il nous paraît indispensable de citer, au moins en partie :

« En même temps qu'un Arthopode augmente de dimensions, sa forme et sa structure se modifient. Ces changements sont d'ail-

leurs d'importance très inégale. Certains d'entre eux, que l'on n'observe que dans quelques espèces ou dans quelques groupes, affectent plus ou moins profondément la morphologie externe de l'animal. C'est ainsi que chez le Dixippe la tête croît moins vite que le reste du corps ou que chez plusieurs Brachyures, les yeux sont proportionnellement d'autant plus rapprochés que l'animal est plus grand.

D'autres changements que leur généralité rend plus importants n'apparaissent qu'à un examen plus précis. La structure de l'œil composé des Insectes ou des Brachyures se modifie pendant la croissance, les dimensions des ommatidies augmentent en même temps que leur nombre. D'autre part, les ganglions nerveux croissent moins vite que le corps tout entier.

Des mesures précises permettent de constater que tous ces changements obéissent à des règles communes et que, dans tous les cas, la grandeur y de l'organe étudié est liée à celle du corps tout entier x par une relation du type.

$$y = K. x^{\alpha}$$

où K et α sont des paramètres dépendant à la fois de l'organe et de l'espèce considérés. »

La même méthode a servi à cet auteur pour étudier la croissance bio-chimique de *Tenebrio molitor* et de *Galleria Mellonella,* ainsi que l'énergétique de la croissance de *Tenebrio molitor.*

En 1932, Huxley établit que la croissance d'un organe ou d'une partie d'organe ne semble jamais être amenée par une égale distribution d'un excédent du potentiel de croissance à travers l'organe ou la région. Le potentiel de croissance d'un organe ou d'une région paraît être distribué sous forme d'un gradient de croissance ayant son origine en un point principal appelé centre de croissance, à partir duquel il se propage selon une ou plusieurs directions. Il en arrive ainsi à trouver un gradient de croissance antéro-postérieur chez les Crustacés. L'étude des divers articles de la pince de *Maïa Squinado* lui a révélé également l'existence d'un autre gradient.

Quelques temps après, divers auteurs, dont Huxley lui-même, Ch. Pérez, Teissier et d'autres distinguent les mâles « faibles » des mâles « forts », les femelles « adolescentes » des femelles « adultes » chez certains Crustacés ; les deux états se trouvent séparés chez les mâles comme chez les femelles par une mue parti-

culièrement importante marquant le moment de la maturité sexuelle.

En 1934-1935, TEISSIER a étudié la croissance de *Dixippus morosus* et les variants sexuels chez *Maïa Squinado*. Il confirme globalement les résultats de HUXLEY, distingue bien les dysharmonies de croissance des dysharmonies de taille, insiste sur la notion discontinue et surtout met en lumière la notion d'étape de croissance. Les étapes de croissance sont limitées par des stades critiques caractérisés sur les graphiques par des points anguleux ou même par des discontinuités.

A ce propos, il nous paraît superflu d'insister sur l'importance du graphique en pareille matière. Il est l'équivalent de la dissection de l'anatomiste ou des coupes sériées de l'histologiste. Toute croissance comporte en elle-même l'idée de variation et il est bien naturel de chercher l'image de cette variation dans la construction d'une courbe. Cela doit être fait selon une *technique* maintenant courante, mais que G. TEISSIER a exposée et justifiée d'une façon parfaitement claire à propos d'ailleurs de l'étude d'un orthoptère (*Dixippus morosus*).

« Nous pourrions utiliser les coordonnées arithmétiques usuelles et porter en abscisse la longueur du corps et en ordonnée la longueur de la partie du corps étudiée. Nous avons dû comparer entre eux des accroissements relatifs et, d'autre part, il n'est intéressant de savoir qu'un organe croît de 1 m/m que si l'on connaît en même temps le pourcentage de la longueur initial que représente cet accroissement. Un allongement de 15 m/m, qui double la longueur du premier animal, n'augmente que d'un tiers la longueur du troisième et seulement de 18 % la longueur du dernier. Il serait souhaitable qu'un graphique pût exprimer ces différences, qu'une courbe construite en coordonnées arithmétiques ne montre pas. Nous atteindrons très simplement ce but en portant en abscisses et en ordonnées les logarithmes des longueurs que nous comparons, ce qui se traduit par des longueurs égales des accroissements relatifs égaux. »

Soit un organe dont la longueur passe par les valeurs a, b, c, d. Le calcul nous permet d'établir qu'il existe entre ces nombres les relations suivantes qui font passer des uns aux autres.

$$a.m. = b$$
$$a.n. = c$$
$$a.p. = d$$

Les facteurs *m, n, p* ou accroissements relatifs nous permettent de comparer à tout instant la variable étudiée à sa valeur initiale. Pour chaque organe nous pourrions avoir ainsi une succession de facteurs qui nous feraient constater que tel organe croît plus ou moins vite que tel autre. Cela nécessiterait des calculs relativement fastidieux qui seront évités par l'emploi des coordonnées logarithmiques.

Signalons enfin une divergence de vue ou, plus exactement, d'interprétation entre KOSTITZIN et TEISSIER.

KOSTITZIN, dans sa Biologie Mathématique, après diverses considérations sur la croissance d'organes et de parties du corps dit : « M. G. TEISSIER appelle les lois du type $q = K\,p^i$ lois de dysharmonie, lorsque l'exposant i est différent de l'unité. Il paraîtrait plutôt qu'il n'y a pas d'harmonie dans le cas $i = 1$, et qu'il n'y a pas de dysharmonie dans le cas i différent de *1*.

Pour confirmer ce point de vue, adressons-nous à un exemple numérique. Dans le cas particulier de la croissance du cœur du rat $i = 0{,}75$, et ceci d'une façon bien suivie. Un rapprochement avec une autre loi empirique permet d'expliquer cette valeur de i. La longueur du corps du rat suit aussi une loi du type $q = K\,p^i$

$$l = L\,p^{0,3},$$

et la surface du corps peut être représentée sous la forme :

$$s = S\,p^{0,7}.$$

Donc, le poids du cœur du rat est proportionnel à la surface du corps. »

Nous n'avons pas connaissance d'une réponse quelconque de TEISSIER, mais il y a sûrement erreur d'interprétation de la part de KOSTITZIN.

En effet, si dans $y = k\,x^\alpha$ nous faisons $\alpha = 1$, k étant une constante, il est clair que y est proportionnel à x. Il y a *harmonie*, par définition. Si x est différent de 1, ce sera une *dysharmonie*, par définition également, car y variera non avec x, mais avec x^α. Il n'y a pas lieu à discussion.

L'exemple de KOSTITZIN est incomplètement rapporté par lui. Nous supposons, bien qu'il ne le dise pas, que le cœur est rapporté au poids total du corps, c'est-à-dire :

$$c = C\,p^{0,7} \qquad (1)$$

Kostitzin ne dit pas que ce cas correspond à une harmonie et, suivant notre définition, il y a dysharmonie. Le même raisonnement s'applique aux relations

$$l = L\, p^{0,3} \qquad (2)$$

$$\text{et } s = S\, p^{0,7} \qquad (3)$$

On remarque immédiatement (1) que c varie comme $p^{0,7}$ et s comme $p^{0,7}$ (3). s et c varient donc *dans le même rapport.* Si donc on avait construit une courbe de c en fonction de s il est bien certain que cette courbe correspondrait à

$$c = C\, s^1$$

Il y a donc harmonie.

La croissance harmonique du cœur et de la surface du corps ne prouve pas que la croissance de ce cœur en fonction du poids le soit aussi.

Kostitzin n'a pas vu le côté physiologique. Si deux organes varient harmoniquement, c'est qu'ils sont **liés** physiologiquement. S'ils varient dysharmoniquement à un certain moment, c'est qu'un *nouveau facteur intervient* et se superpose aux facteurs précédents.

D'autre part, si on suppose deux organes croissant dysharmoniquement, il doit être souvent possible de trouver dans le même organisme un autre organe croissant harmoniquement avec l'un d'eux. Si A est dysharmonique avec B, il peut être harmonique avec C. Cela n'empêche pas A et B d'être dysharmoniques. Si A et B sont d'abord dysharmoniques, puis deviennent dysharmoniques en devenant harmoniques avec C, cela prouve qu'à ce moment A tombe sous l'influence de C ou qu'il y a une cause commune réglant la croissance de A et C. Cette seconde alternative sera sûrement la plus fréquente

Dans le cas du cœur du rat, c'est sans doute la première alternative qui est la vraie. On sait l'importance de la surface de refroidissement, c'est-à-dire de la peau chez les *petits* animaux où la surface extérieure est, proportionnellement au poids, bien plus grande chez les gros ; or, c'est le nombre et le calibre des petits vaisseaux *cutanés* qui règle la résistance aux variations de température. Et c'est le cœur qui assure la circulation. On s'explique qu'il soit sous l'influence de la surface libre.

Nous poserons donc en principe :

Il y a *harmonie* quand l'organe considéré et l'organe de référence croissent proportionnellement et qu'on a

$$y = kx^{\alpha} \text{ et } \alpha = 1.$$

Alors les deux organes restent géométriquement semblables si la croissance suit les mêmes lois dans toutes les directions.

Il y aura *dysharmonie* quand on aura

$$y = kx^{\alpha} \text{ et } \alpha \neq 1.$$

En ce cas, les deux organes resteront géométriquement semblables si α a la même valeur dans toutes les directions de croissance, et il n'en sera pas ainsi si α diffère suivant les directions, ce qui sera du reste le cas général.

TECHNIQUE

Nous avons pu nous procurer en Corse un lot important de *Mantis religiosa.* L. et de *Acrida turrita.* L. (= *Truxalis nasuta.* L., *Acrida nasuta* Azam.), ce dernier étant plus connu sous le nom de *Truxalis nasuta,* qu'il nous arrivera d'employer concurremment avec l'appellation officielle. En outre, nous avons ramassé une certaine quantité de ces Insectes en Provence.

Nous avons opéré plusieurs milliers de mensurations soit au compas à pointes sèches, soit au moyen d'un microscope avec vernier ou avec micromètre oculaire. Il va sans dire que le compas ne peut servir que pour mesurer des organes relativement gros et de contours bien définis. Nous avons utilisé le vernier au dixième pour mesurer des longueurs telles que celles de l'antenne, de divers segments caractéristiques de la tête, des différentes parties constituant une patte, etc., etc... L'organe est préalablement fixé sur une petite cuvette qu'on peut confectionner en faisant couler de la cire dans une moitié de boîte de Pietri. Nous pointons chaque extrémité successivement à la croisée des fils du réticule et obtenons par deux lectures une mesure dont la précision est de l'ordre du 1/5e de millimètre. C'est ainsi, par exemple, que nous avons mesuré le diamètre de l'œil en considérant celui-ci comme hémisphérique. Sztern (1919) et Przibram (1930) ont d'ailleurs, à propos de *Sphodromantis bioculata,* admis que l'œil pouvait être assimilé à une demi-sphère.

Lorsqu'il s'agit de mesurer les dimensions des facettes de l'œil, nous employons un microscope muni d'un micromètre oculaire, soigneusement étalonné. Nous traitons au préalable la tête par la potasse. Si les individus sont volumineux, il nous suffit de traiter simplement l'œil, facile à extraire. *d,* étant la distance des deux côtés parallèles d'une facette hexagonale, la surface sera égale à :

$$S = \frac{d^2 \sqrt{3}}{2}, \text{ soit } 0{,}86\ d^2$$

C'est également au moyen d'un microscope muni d'un micromètre oculaire que nous avons pu mesurer les dimensions des articles constituant l'antenne. Nous avons même compté le nombre d'articles chez *Mantis religiosa* en les faisant défiler à la croisée des fils d'un réticule.

Nous reviendrons d'ailleurs, le cas échéant, sur certains détails techniques lors de l'étude des organes pour lesquels ils auront été employés.

REMARQUES SPECIALES AUX INSECTES

Interprétation des Courbes de croissance

La croissance des Insectes, comme chez tous les Arthropodes, se fait suivant un type particulier. On admet que, sauf exception rare, la chitine est inextensible et par conséquent que l'animal ne croît pas entre deux mues. La croissance véritable se fait dans l'intervalle de deux mues. Le tégument de nouvelle formation, incapable de prendre son extension normale, existait à l'état froissé, fripé sous la cuticule qui va être rejetée. Il en est nettement ainsi pour les ailes.

Mais dans certains cas, c'est moins net. On n'observe qu'un froissement très restreint ou nul et on a plutôt l'impression qu'après sa libération par rejet de l'exuvie, le nouveau tégument se distend, s'étend en prend des dimensions définitives. Le phénomène est évidemment rendu possible par la consistance molle de la nouvelle chitine dont le durcissement n'est pas instantané.

Quoi qu'il en soit, après la mue l'organisme apparaît plus grand que préalablement. *La croissance s'est faite avant mue.* En conséquence, quand nous dirons qu'après une certaine mue la croissance est caractérisée par une certaine valeur de α dans

$$y = kx^{\alpha}$$

il faudra entendre que c'est là le résultat d'un phénomène qui s'est passé pendant la période précédant la mue.

D'autre part, cette croissance qui se manifeste à nos yeux d'une façon discontinue, apporte dans l'établissement des courbes une certaine difficulté. Certains auteurs, par exemple Bernard, ont disposé d'animaux d'élevage. Dans ces conditions, rien de plus indiqué que de les rassembler en groupes bien définis. On peut

ainsi obtenir une valeur moyenne de l'organe de référence et on éliminera ainsi les fluctuations de la taille générale des individus.

Tel n'est pas notre cas : nous avons mesuré des Insectes récoltés dans la nature, pour lesquels il est difficile de préciser le stade qu'ils représentent, et nous avons dressé des courbes au moyen de ces mesures individuelles. A remarquer toutefois que chaque point figuratif correspond forcément à plusieurs individus de même taille étant donné le nombre considérable d'insectes récoltés (de l'ordre de 15. 000).

Alors deux cas peuvent se présenter :

a) — ou bien les fluctuations de la taille des individus au même stade d'évolution sont du même ordre de grandeur que l'accroissement correspondant à chaque mue ; ainsi les points figuratifs ont tendance à se disposer en groupes, séparés par des intervalles ;

b) — ou bien les fluctuations de taille sont de même ordre que les accroissements des mues ; alors les points figuratifs s'alignent plus ou moins régulièrement sur la courbe.

En conséquence, quand nous dirons : au point A, il y a changement de la valeur de α qui passe de v à v', cela veut dire que l'individu correspondant à A ou le plus rapproché de A par son point figuratif est le plus grand de tous ceux que caractérise la valeur v ou le plus petit de ceux que caractérise la valeur v'. Il y a donc toutes les chances pour que nous nous trouvions en présence d'un individu qui a mué récemment ou qui va muer à bref délai. Il en résulte encore que nous retrouvons, par ce détour, la position des mues sur nos courbes.

Nous verrons dans la suite que les points remarquables sont nombreux, même dans le petit nombre d'organes que nous avons mesurés. Nous n'avons pu constater leur existence au plus tôt qu'après une mue ; or, il est évident qu'ils sont conséquence d'un travail opéré pendant l'intermue précédente. Ils sont indiqués sur nos courbes ou moment précis où α change de valeur. Ils ont été tous légèrement décalés dans le sens des grandeurs de référence croissante. Il n'y a aucun moyen d'éviter ce défaut. *Au surplus, leur succession n'est pas modifiée et c'est là l'essentiel ;* le nombre des périodes de croissance reste le même et l'interprétation n'en est nullement troublée.

PROGRAMME DES RECHERCHES

L'historique a été volontairement abrégé. Certaines questions un peu spéciales feront l'objet d'un historique particulier lorsque nous les étudierons. C'est le cas de la patte ravisseuse ; c'est également vrai pour l'œil, l'abdomen, etc... Dans les pages qui précèdent, nous nous sommes bornés aux généralités pour la clarté même de l'exposé.

Les notions de dysharmonie, de discontinuité, de gradient et d'étape de croissance ont été très bien définies à la suite de nombreux travaux. En outre, il s'en est dégagé la mise au point d'une méthode de travail et de recherche particulièrement perfectionnée que nous appliquerons à l'étude de la croissance des organes de *Mantis religiosa* et de *Truxalis nasuta.*

On a vu que la croissance d'un organe peut se caractériser par une ou plusieurs lois. Par exemple, elle peut se faire lentement d'abord, plus vite ensuite. Ce changement de vitesse correspond à un état critique que l'on caractérise par la taille de l'animal ou par la dimension d'un organe pris comme référence. Il se peut, d'ailleurs, que la croissance d'un organe ne présente pas d'état critique, mais c'est là l'exception.

Nous étudierons donc pour chaque espèce, en considérant séparément les mâles et les femelles, la croissance de tous les organes susceptibles d'être mesurés avec précision et nous noterons attentivement les stades critiques pour chacun d'eux. Ils ne se produiront pas forcément tous en même temps. On peut rechercher cependant s'il n'y a pas des coïncidences, si certains état critiques correspondent à un changement simultané dans plusieurs organes (et peut-être même dans tous). On sera ainsi amené à se demander si certains états critiques ne sont pas plus importants que d'autres. Cette question résolue, on pourra essayer de diviser l'évolution de l'animal en périodes de croissance. La morphologie et l'observation directe nous permettent de distinguer déjà deux

grandes époques : celle des jeunes et celle des adultes. L'étude biométrique nous amènera certainement à subdiviser ces deux époques.

En outre, par une étude comparée du mâle et de la femelle pour une même espèce, nous essayerons de dégager des caractères sexuels qu'on pourra qualifier de biométriques.

Nous pourrons de la même façon mettre en lumière des caractères biométriques de l'habitat en comparant la croissance d'individus de même sexe, mais d'origine différente.

Enfin, pour terminer, nous procéderons à une comparaison des lois de la croissance d'Orthoptères d'espèces différentes.

DEUXIÈME PARTIE

A) MANTIS RELIGIOSA L.

I. — PREAMBULE

Nous disposons d'un lot important de mâles et de femelles d'origine corse. Qu'on ne s'étonne pas de cette précision. On verra plus loin, en effet, que l'habitat intervient dans la croissance, soit qu'il s'agisse d'une conséquence des facteurs externes, soit qu'il s'agisse de races différentes. Cette dernière interprétation serait, en l'espèce, assez probable. On connaît, en effet, la richesse de la faune des îles et spécifiquement de la Corse, en formes endémiques spéciales.

TABLEAU I

Mâle		Femelle			
Pronotum	Corps	Pronotum	Corps	Pronotum	Corps
0,6 cm.	2,3 cm.	0,59 cm.	2,2 cm.	1,5 cm.	5 cm.
0,75	2,9	0,65	2,7	1,55	5,25
0,9	3,25	0,8	3	1,60	5,80
1,13	4,30	0,87	3,30	1,35	5,15
1,20	4,40	0,89	3,00	1,50	5,00
1,20	4,45	1,00	3,69	1,50	5,30
1,25	5,00	1,00	3,60	1,50	5,70
1,30	4,20	1,05	3,70	1,60	5,65
1,35	4,50	1,05	3,75	1,70	6,00
1,30	5,10	1,10	4,00	1,70	5,65
1,35	4,75	1,15	4,10	1,80	6,00
1,39	5,00	1,15	3,90	1,89	6,30
1,40	5,00	1,25	4,50	1,90	6,00
1,45	5,20	1,30	4,40	1,91	6,40
1,50	5,20	1,45	5,00	2,00	6,80
1,50	5,80	1,45	4,55	—	—

L'étude des divers organes sera faite comparativement à celle du pronotum et non pas à celle du corps et cela pour deux raisons : la longueur du pronotum est plus facile à mesurer, de plus, cette mesure peut se faire beaucoup plus rigoureusement à cause de la

rigidité qui n'existe évidemment pas à la partie postérieure de l'animal. Encore faut-il que le rapport des longueurs du pronotum et du corps tout entier soit constant. Nous allons établir la fixité de ce rapport en faisant état des mensurations pratiquées sur le mâle et sur la femelle (Tableau I).

Il nous faut, dès à présent, insister sur le fait que chaque nombre indiqué correspond aussi bien pour la mante que pour la truxale à des mesures faites avec le maximum possible de précision et *cela, non seulement à propos d'un individu, mais de plusieurs ayant même taille et même sexe.*

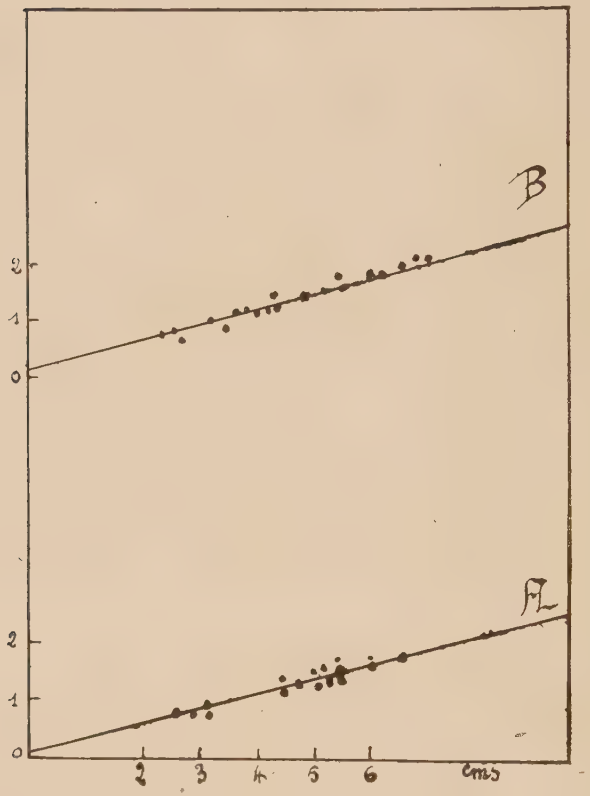


FIGURE 1. — Variation de la longueur du pronotum en fonction de la longueur du corps. A : *Mantis religiosa* ♂ ; B : *Mantis religiosa* ♀. Coordonnées arithmétiques.

L'examen des nombres du Tableau I montre immédiatement qu'il y a un rapport constant entre la longueur du pronotum et celle du corps. On peut établir ce rapport graphiquement. Nous portons en abscisse la longueur du corps et en ordonnée la longueur correspondante du pronotum (Fig. 1). Il n'est pas nécessaire d'utiliser ici les logarithmes.

Le graphique ci-dessus démontre que la longueur du pronotum et celle du corps sont pratiquement dans un rapport simple, constant et égal à 4/15, soit 0,26. Ainsi, le pronotum suit la loi d'accroissement en longueur de l'animal tout entier, quelle que

puisse être la forme de cette loi. Ce résultat ne doit pas trop étonner ; le pronotum est, en effet, indépendant des ailes dont le développement peut avoir des rebondissements sur la croissance du méso et du métanotum.

Le dimorphisme sexuel étant à peu près la règle chez les Insectes, il y a toutes les chances pour que la courbe de croissance de l'un des sexes ne se superpose pas à celle du sexe opposé. Nous aurons donc pour règle d'examiner les deux sexes séparément.

II. — LA TETE

Nous avons mesuré divers segments dans la tête (Fig. 2).

1° La distance des bords internes des yeux mesurée sur la face dorsale (a) ;

2° La distance interoculaire minima mesurée sur la face ventrale (a') ;

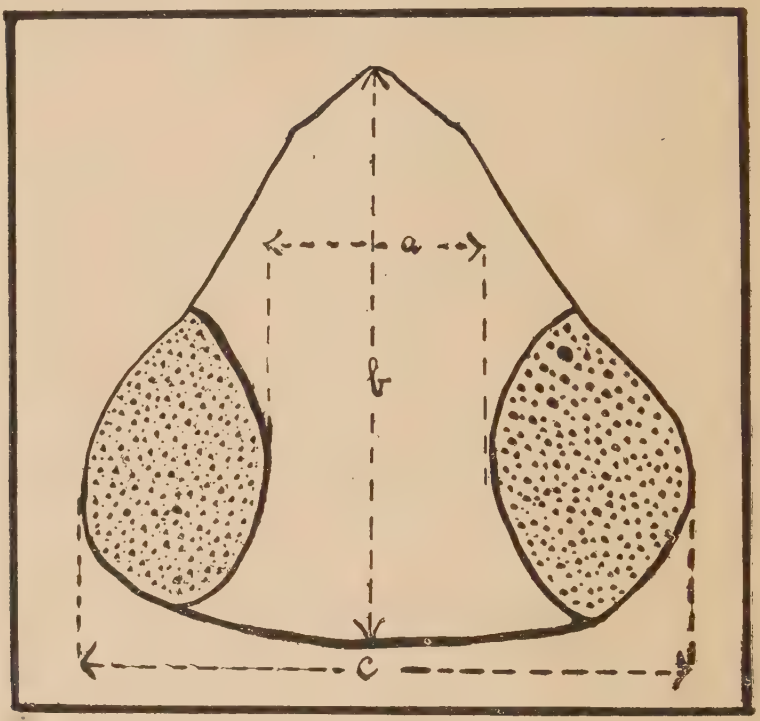


FIGURE 2. — *Mantis religiosa.* — Les principaux segments de la tête : *a*) distance interoculaire minima mesurée sur la face dorsale ; *a'*) distance interoculaire minima mesurée sur la face ventrale ; *b*) longueur de la tête ; *c*) distance maxima des bords externes des yeux mesurée sur la face dorsale.

3° La distance des bords externes des yeux mesurée sur la face dorsale de l'insecte (c) ;

4° Enfin, la longueur de la tête (b).

J.-H. FABRE, l'entomologiste provençal, écrit dans son « Monde

merveilleux des Insectes » (1), à propos du « Prégo-Dieù » : « A la faveur d'un cou flexible, bien dégagé du thorax, la tête peut pivoter, se tourner de droite et de gauche, se pencher, se redresser. Seule parmi les Insectes, la mante dirige son regard, elle inspecte, elle examine, elle a presque une physionomie ».

Cette « *physiononie* », nous la caractériserons par les quatre segments indiqués plus haut et aussi par le « diamètre » de l'œil. *Elle change avec l'âge.* En examinant attentivement les têtes de *Mantis religiosa* de toutes tailles, on constate aisément, même à l'œil nu, ce changement au fur et à mesure qu'on a affaire à des individus plus âgés. Nous pouvons affirmer, a priori, que si la morphologie de la tête apparaît si différente entre un jeune et un adulte, c'est que le rapport des dimensions (a, a', b, c) entre elles a changé (Fig. 2). Comment se fait la croissance de chacun de ces segments ? Comment varieront-ils les uns par rapport aux autres au cours de l'évolution de l'animal ? Telles sont les deux questions à résoudre.

Pour le mâle comme pour la femelle, nous construisons quatre courbes : *a, a', b, c* (Fig. III, Fig. IV). Nous portons en ordonnées les logarithmes des longueurs correspondantes du pronotum. Pour *a, a', c,* chez le mâle, par exemple (Fig. III), les points figuratifs se placent sur une ligne droite avec des écarts de l'ordre des erreurs de mesure. Chacune de ces droites a une équation de la forme :

$$y = K x^{\alpha}$$

C'est la loi de dysharmonie énoncée par G. Teissier. α mesure la pente de la droite et est appelée *constante d'équilibre. K* représente la dimension du segment étudié lorsque la longueur du pronotum est égale à 1. C'est l'ordonnée à l'origine qui n'a guère qu'une importance mathématique, puisqu'elle dépend de l'unité de mesure choisie. On l'appelle *indice-origine.* Par contre, α a une très grande importance biologique. Plus il est grand et plus la croissance est rapide. S'il est égal à 1, le taux de croissance étudié est identique au taux de l'organe de référence. On dit alors qu'il y a *isométrie* ou *harmonie.*

a) Le mâle

Les droites *a, a', c* ont respectivement pour pente 1,2 ; 0,9 ; 0,7. *La variation de la longueur de la tête* (*b*) présente une parti-

(1) Le Monde Merveilleux des Insectes, 1935, Paris, Delagrave.

cularité. Elle est représentée par deux tronçons de droite, le premier de pente 0,7, le second de pente 1,2. Le point P_1, qui marque cet accroissement de vitesse dans la croissance, correspond à des animaux dont le pronotum est égal à 11 m/m 3.

Ceci nous amène à faire un rapprochement avec ce que Teissier a observé chez plusieurs Brachyures (*Carcinus moenas, Pachygrapsus marmoratus Eriphia spinifons, Cancer pagurus*) où « les yeux sont proportionnellement d'autant plus rapprochés que l'animal est plus grand ». Ici, *a* croît et *a'* également. Les yeux sont donc de plus en plus saillants au fur et à mesure que l'animal grandit. Le fait se trouve confirmé, puisque *c* croît de même. C'est là une première constatation caractéristique de la physionomie.

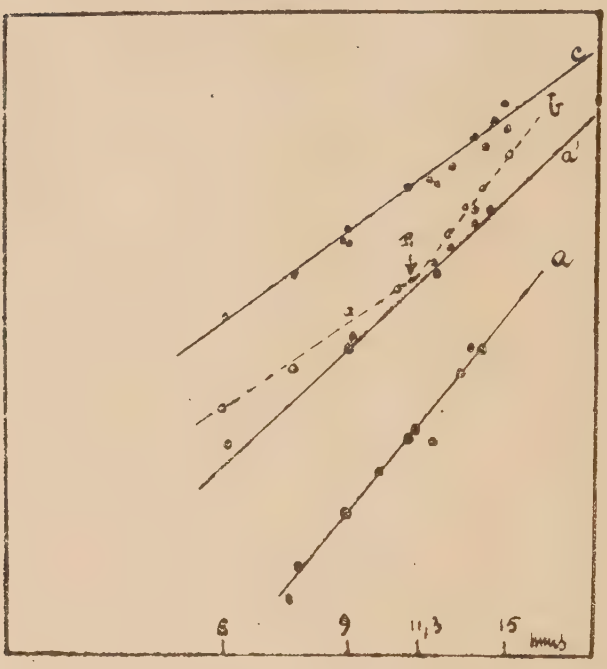


Figure 3. — *Mantis religiosa* ♂. — Croissance des divers segments caractéristiques de la tête en fonction du pronotum. Coordonnées logarithmiques : *a*) distance interoculaire minima mesurée sur la face dorsale; *a'*) distance interoculaire minima mesurée sur la face ventrale; *b*) longueur de la tête; *c*) distance maxima des bords externes des yeux mesurée sur la face dorsale.

Il y en a d'autres. En comparant les différentes valeurs de α on voit que l'écartement des yeux croît plus vite que la longueur de la tête tant que le pronotum de l'animal n'a pas atteint 11 m/m 3 de longueur. Mais la distance *c* des yeux, mesurée sur la face dorsale, croissant moins rapidement que *a et a'*, il en résulte que le centre de l'œil n'occupe plus la même place par rapport au plan médian de la tête. Il est déplacé vers la face ventrale de l'insecte. L'œil

droit a tourné de la gauche vers la droite et l'œil gauche de la droite vers la gauche, chacun autour d'un axe parallèle au plan sagittal.

Quand la longueur du pronotum devient supérieure à 11 m/m 3, nous observons des changements assez considérables. Le premier tronçon de la droite *b* était parallèle à la droite *c*, ce qui signifie que le rapport $\frac{b}{c}$ était constant. Sa valeur était égale à 0,75. Il n'en est plus de même à présent, comme le montre la figure 3. Mais en revanche, le deuxième tronçon de la droite *b* devient parallèle à la droite *a* ; donc, le rapport $\frac{b}{a}$ devient constant et égal à 1,9.

Enfin, l'écartement des yeux sur la face dorsale (*c*) et sur la face ventrale (*a'*) croît moins rapidement que la longueur de la tête. Ainsi se trouvent caractérisés biométriquement les changements de physionomie de *Mantis religiosa* ♂.

b) La femelle

Les droites *a, b, c* ont respectivement pour pente 0,7 ; 0,8 ; 0,7. La distance interoculaire *a'* présente une particularité dans sa variation. Elle est représentée par deux tronçons de droite, le premier de pente 0,8 ; le second de pente 1,05, soit à très peu près : 1. Le Point P'_1 (Fig. 4), qui marque ce changement de vitesse dans la croissance, correspond à des animaux dont le pronotum est égal à 9 m/m.

Une première observation des graphiques de cette figure, nous permet de constater que *a* et *c* sont parallèles. Le rapport :

$$\frac{a}{c} = \frac{K_1 \, x^{0,7}}{K_2 \, x^{0,7}} = \frac{K_1}{K_2} = \text{cte} = 0{,}45$$

Nous remarquons de même que *a'* et *b* sont parallèles tant que le pronotum de l'insecte est inférieur à 9 millimètres de longueur. Nous dirons donc que :

$$\frac{a'}{b} = \text{cte}$$

Cette constante est égale à 1,1.

Quand la longueur du pronotum devient supérieure à 9 milli-

mètres, les yeux, dont l'écartement *a'* croît plus rapidement que la longueur de la tête, divergent *et se trouvent ainsi déplacés vers l'extérieur. Ils* deviennent plus bombés et le centre se trouve légèrement reporté vers la face dorsale de l'animal, à l'inverse de ce que nous avions observé chez le mâle. De plus, cela se passe uniquement dans la deuxième partie de la vie de la femelle, alors que ce changement dans la convexité des yeux s'observait chez le mâle même dans la première partie de la vie.

FIGURE 4. — *Mantis religiosa* ♀ — Croissance des divers segments caractéristique de la tête en fonction de la longueur du pronotum. Coordonnées logarithmiques : *a*) distance interoculaire minima mesurée sur la face dorsale ; *a'*) distance interoculaire minima mesurée sur la face ventrale ; *b*) longueur de la tête ; *c*) distance maxima des bords externes des yeux mesurée sur la face dorsale.

Je juge inutile de donner ici un tableau de mensurations qui ferait double emploi avec les courbes. En outre, chaque point figuratif correspondant souvent à plusieurs animaux, on voit que la précision est bien suffisante pour des courbes expérimentales.

c) Conclusions

Nous nous étions proposés de répondre aux deux questions suivantes : Comment se fait la croissance de chaque segment ?

Comment varient-ils les uns par rapport aux autres au cours de l'évolution de l'animal ?

Nous répondrons à la première en disant que chacun des quatre segments caractéristiques de la tête présente une dysharmonie traduite par la loi générale

$$y = K x^{\alpha}.$$

On a pu constater que la morphologie de la tête apparaît différente, non seulement entre un jeune et un adulte, mais encore entre un mâle et une femelle. L'étude biométrique nous a permis de préciser deux catégories de caractères : certains constants, d'autres variables. Nous les définirons par la valeur de la constante ou par la loi de leur variation.

Le tableau ci-dessous, en nous donnant une idée d'ensemble des différentes dysharmonies, nous permettra de compléter la réponse à la première question et nous amènera à résoudre la seconde. Il nous permettra du même coup de comparer les sexes biométriquement. Les chiffres du tableau II indiquent les différentes valeurs du paramètre α pour chaque droite.

TABLEAU II

Droites	Mâle	Femelle
a	1,2	0,7
a′	0,9	0,8 (P'_1) 1,05
b	0,7 (P_1) 1,2	0,8
c	0,7	0,7

Nous voyons donc que :

1°) Le rapport $\frac{a}{a'}$ croît chez le mâle selon une dysharmonie minorante avec un exposant égal à 0,3.

Chez la femelle, ce rapport est très sensiblement constant et égal à 0,5 dans la première partie de la vie. Une fois le point P'_1 franchi, il décroît.

2°) Le rapport $\frac{a}{c}$ croît chez le mâle selon une dysharmonie minorante avec un exposant égal à 0,5.

Chez la femelle $\frac{a}{c}$ est constant au cours de la croissance et égal à 0,45.

3°) Enfin, le rapport $\frac{b}{c}$ est constant chez le mâle dans la première partie de l'évolution, c'est-à-dire avant le point P_1 et égal égal à 0,75. Il croît ensuite selon une dysharmonie minorante avec $\alpha = 0{,}5$.

Chez la femelle, on peut considérer, aux erreurs de mesure près, que ce rapport est constant. Sa valeur calculée est 0,84.

Cet énoncé de résultats mathématiques nous permet, sous sa sécheresse, non seulement de définir les points P_1 et P'_1 comme fin ou origine d'une époque de croissance selon les segments considérés, mais encore de découvrir l'existence de caractères sexuels.

D'une façon générale, la croissance des divers segments de la tête se fait plus lentement que celle du pronotum et donc que celle du corps, aussi bien chez le mâle que chez la femelle. Une légère exception se manifeste toutefois chez le mâle : La distance interoculaire mesurée sur la face dorsale présente une dysharmonie majorante (1,2) par rapport au pronotum. En outre, fait remarquable : la longueur de la tête (*b*) présente exactement la même dysharmonie lorsque le pronotum de l'animal a une longueur supérieures à 11 m/m 3.

La croissance du mâle et celle de la femelle sont partagées en deux par un point remarquable, différent, comme on l'a vu, et bien défini mathématiquement. A quoi correspond-il ?

Morphologiquement, chez le mâle, il correspond à des animaux dont le pronotum a 11 m/m 3 de long. Chez la femelle, les animaux ont un pronotum de 9 m/m de long.

Biologiquement, on peut penser que chacun de ces points a une importance dans l'évolution sexuelle de l'insecte. Les variants sexuels étudiés par Pérez (1927), Champy (1929), Huxley (1932),

Teissier (1935), et d'autres ont révélé de la même façon des points remarquables dans l'étude biométrique de la croissance. Nous attendons, pour apporter une affirmation catégorique à ce sujet, d'avoir étudié les autres parties du corps de *Mantis religiosa.* Notons attentivement l'existence de ces points qui se situent chez des individus n'ayant pas atteint l'état adulte.

III. — L'ŒIL

Les facettes d'un œil composé se prêtent parfaitement à des mesures très précises et sont, de ce fait, un matériel de choix pour une étude biométrique. Leur nombre peut varier avec le sexe, comme l'ont établi Forel et Leineman (1904). Sztern (1914) et Bernard (1937), le premier sur *Sphodromantis Bioculata,* le second sur l'écrevisse, ont fait des mesures montrant la croissance régulière de la dimension des facettes. Przibram (1930) a recherché une relation entre la taille d'une ommatidie et celle de l'animal tout entier.

Enfin, G. Teissier (1931) et F. Bernard (1937) apportent des résultats aussi nombreux qu'intéressants. Teissier établit qu'en règle générale l'œil d'un insecte croît proportionnellement au reste du corps et que « le nombre des facettes ne peut rester constant au cours de l'ontogénèse ». Cette variation du nombre est concomitante d'ailleurs de la croissance de la dimension des facettes, ce qui, a priori, pouvait paraître paradoxal.

Bernard a étudié en détail le développement, la croissance et la réduction des yeux composés de divers Arthropodes. A propos de la croissance, il note que le « nombre des facettes augmente assez régulièrement après chaque mue, sauf dans le cas de *Macropodia rostrata,* où il y a des phases d'arrêt ». En outre, fait plus intéressant encore, chez le grillon domestique et chez *Macropodia,* l'époque de puberté marque une accélération dans la croissance de l'œil par rapport au corps, puisque z double de valeur à ce moment-là. Par contre, chez *Galathea squamifera* et *Upogebia littoralis,* z diminue de moitié.

a) Le mâle

L'ensemble des courbes groupées sur la figure 5 va nous permettre de décrire la croissance de l'œil chez *Mantis religiosa* ♂. Elles sont toutes construites en fonction du pronotum et en coordonnées logarithmiques. Les courbes 1 et 4, représentatives de la variation des segments *b* et *a* de la tête, déjà construites (Fig. 3), ont été reproduites ici ; on en verra plus loin la raison. Les courbes 3 et 5 ont été construites en portant en ordonnées les surfaces calculées de l'œil pour la première, les surfaces calculées des facettes pour la seconde et toujours en abscisses les longueurs du pronotum. La courbe 2 traduit la croissance de la plus grande dimension de l'œil que nous nommerons son diamètre.

Toutes ces droites sont de la forme

$$y = K\,x^{\alpha}$$

les différentes pentes α, déterminées graphiquement, sont contenues dans le tableau III ci-dessous. Voici, du reste, quelques mesures parmi celles très nombreuses qui nous ont permis ces constructions :

Pronotum	7,5	9	11,3	13	m/m
Diamètre œil	1,5	1,8	2,2	2,4	m/m
Surface facette	6,4	8,8	14	18	,

l'unité de longueur correspondante à l'unité d'aire de la facette est ici le 1/100e de millimètre.

TABLEAU III

Courbe 1 : longueur de la tête	0,7	P_1	1,2
Courbe 2 : diamètre de l'œil	1		1
Courbe 3 : surface de l'œil	0	P_2	2
Courbe 4 : distance interoculaire ...	1,2		1,2
Courbe 5 : surface de la facette	1,8	P_3	0

Ce qui nous frappe d'abord dans l'examen de la figure 5, c'est la présence de deux nouveaux points remarquables : P_2 et P_3. P_2 correspond à des animaux dont le pronotum a 7 m/m 5 de long et P_3 à des animaux dont le pronotum a 13 m/m de long. Après le point P_3 tous les individus sont adultes. En ajoutant à cela ce que le chapitre précédent nous a appris, quant à l'existence du point P_1, on voit que l'on peut partager l'évolution de *Mantis religiosa* ♂ en quatre époques de croissance.

Comment se définit biométriquement le point P_2 ? Il sépare en deux parties la variation de la surface de l'œil (Courbe 3). Ces deux parties sont représentées par deux tronçons de droite ayant pour point commun le point P_2. Le premier tronçon est un palier, c'est-à-dire que la surface de l'œil est pratiquement constante tant que l'animal a un pronotum de longueur inférieure à 7 m/m 5. Mais à partir du moment où le pronotum est égal à 7 m/m 5, la surface de l'œil a une croissance dysharmonique majorante. Elle croît plus rapidement que le pronotum et le corps.

La même question se pose pour le point P_3. Il sépare en deux parties la variation de la surface de la facette (Courbe 5) en fonction du pronotum. La première correspond à une croissance dysharmonique majorante ($\alpha = 1{,}8$) qui cesse lorsque l'animal devient adulte ; le pronotum a alors 13 millimètres de longueur. La surface de la facette est et demeure constante.

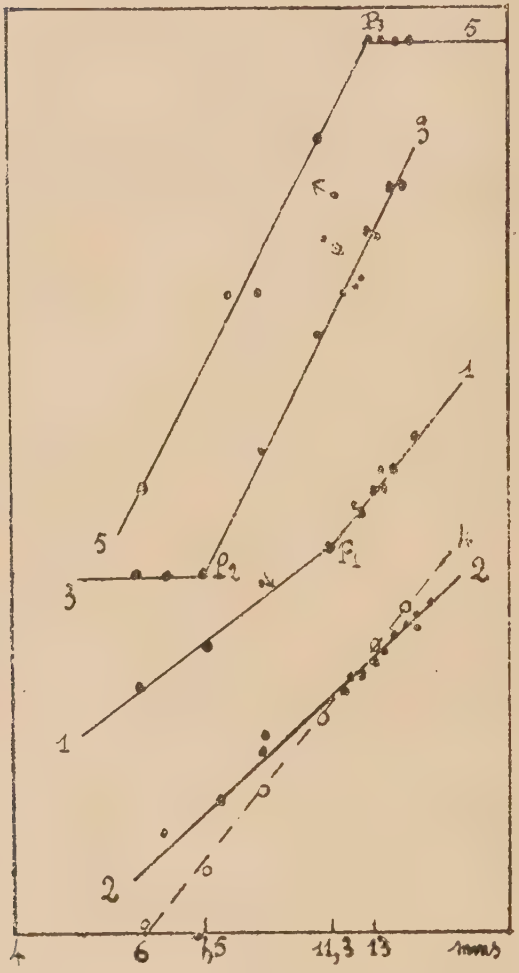


FIGURE 5. — *Mantis religiosa* ♂ — Etude biométrique de l'œil. Coordonnées logarithmiques. Abscisses : longueurs du pronotum. Ordonnées : 1. longueurs de la tête ; 2. diamètre de l'œil ; 3. surface de l'œil ; 4. distance interoculaire mesurée sur la face dorsale ; 5. surface des facettes.

Remarquons en outre qu'avant le point P_1 (pronotum = 11 m/m 3), la distance interoculaire *a* croît plus vite que le diamètre de l'œil qui, lui-même, croît plus rapidement que la longueur de la tête. Le point P_1 franchi, il n'en va plus de même. La croissance de la distance interoculaire et celle de la longueur de la tête se font parallèlement et plus vite que celle du diamètre de l'œil. Il y a donc eu un changement dans le gradient de croissance observé avant que le pronotum atteigne 11 m/m 3. Ce petit fait complète ce que nous avons dit précédemment à propos de la physionomie de l'animal, et explique pourquoi nous avons fait figurer les courbes 1 et 4 une fois de plus (Fig. 5).

Il nous reste à présent à interpréter les résultats mathématiques que nous venons d'exposer.

1°) Avant que le pronotum atteigne 7 m/m 5 de longueur, la surface de l'œil est *constante*. Celle des facettes *croît. Il y a donc fusion des facettes. Leur nombre diminue.*

2°) Quand le pronotum a une longueur comprise entre 7 m/m 5 et 13 m/m, la surface de l'œil et celle des facettes augmentent. Mais comme la surface de l'œil croît plus rapidement ($\alpha = 2$) que celle des facettes ($\alpha = 1{,}8$), on peut affirmer qu'il y a un *début de multiplication des facettes.*

3°) En effet, car lorsque le pronotum devient supérieur à 13 m/m de long, la surface de l'œil continue de croître, tandis que la surface des facettes demeure constante. La multiplication des facettes, à peine ébauchée précédemment, devient très active. Ce fait que le nombre des facettes semble augmenter, alors que la croissance générale est terminée, laisse supposer que les adultes ne naissent pas tous au même état de différenciation. On pourrait donc admettre que la mue imaginale interrompt l'évolution générale à une époque qui n'est pas la même chez tous les individus. En fait, la croissance ne fait qu'*apparaître* après une mue. Elle s'est produite sous la cuticule qui est rejetée.

D'ailleurs, ce phénomène remarqué ici à propos de l'œil, sera observé également par la suite à propos d'autres organes. TEISSIER s'en est bien rendu compte (1935) lors de l'étude des variants sexuels chez *Maïa squinado*. Il met ainsi les choses au point : « Nous avons indiqué que les *Maïa* adultes, ou tout au moins la plupart d'entre elles ne s'accroissent plus, une fois atteinte la maturité sexuelle. Par conséquent, le troisième tronçon de toutes nos courbes ne représente plus, à proprement parler, une croissance relative, mais bien une dysharmonie de taille.

« Le troisième segment de nos courbes s'oppose ainsi nettement aux deux premiers, qui représentent essentiellement une dysharmonie de croissance et pour lesquels, faute de pouvoir séparer sans ambiguïté les stades successifs, nous avons fait implicitement abstraction des dysharmonies de taille. »

Nous pourrons donc, après les remarques qui précèdent et celles de TEISSIER, parler d'un champ de variation de la taille des adultes et tracer pour eux la suite de la courbe de croissance. Nous y reviendrons plus loin (chapitre X, p. 90).

b) La femelle

Comme pour le mâle, nous avons groupé les principales courbes qui nous permettront d'étudier la croissance de l'œil (Fig. 6). Nous avons ainsi la croissance de longueur de la tête *b* (1), du diamètre de l'œil (2), de la surface de l'œil (3), de la distance interoculaire *a* (4) et de la surface de la facette (5) en fonction de la longueur du pronotum. Toutes ces courbes sont de la forme :

$$y = K\, x^{\alpha}$$

Toutes ces croissances obéissent donc à la loi de dysharmonie. Voici quelques chiffres :

Pronotum	9	10	13	m/m
Diamètre œil	1,9	2	2,6	m/m
Surface facette	5	7,6	18	,

l'unité de longueur correspondante à l'unité d'aire de la facette étant le 1/100e de millimètre comme précédemment.

Les différentes pentes α des 5 droites de la figure 6 sont contenues dans le tableau ci-dessous. Elles ont été déterminées graphiquement :

TABLEAU IV

Courbe 1 : longueur de la tête	0,8		0,8
Courbe 2 : diamètre de l'œil	0,8		0,8
Courbe 3 : surface de l'œil	0	P'_2	1,7
Courbe 4 : distance interoculaire ...	0,7		0,7
Courbe 5 : surface de la facette	3,2	P'_3	0
Courbe a′ Fig. 4	0,8	P'_1	1,05

J'ai fait figurer les valeurs de α pour la courbe *a′* de la figure 4, car c'est par cela que nous définissons le point P'_1 homologue du point P_1 chez le mâle. Je rappelle que *a′* est la distance interoculaire minima mesurée sur la face ventrale, alors que *a* est la distance interoculaire minima mesurée sur la face dorsale.

En première analyse nous observons deux points remarquables P'_2 et P'_3, nouveaux chez la femelle, homologues des points P_2 et P_3 trouvés et déterminés chez le mâle.

Le point P'_2 correspond à des animaux dont le pronotum est égal à 10 m/m de longueur, le point P'_3 à des animaux dont le pronotum a 13 m/m de long. En ajoutant à cela ce que nous indique la variation de la distance interoculaire *a* quant à l'existence du point P_1, on voit que l'évolution de *Mantis religiosa* ♀ peut se diviser en quatre époques de croissance, comme pour le mâle d'ailleurs. Il y a toutefois lieu de compléter et même de corriger immédiatement cette affirmation. Alors que le mâle est adulte lorsque le pronotum atteint 13 m/m de long, il n'en va pas de même pour la femelle. Celle-ci est adulte, en effet, lorsque le pronotum atteint 15 m/m de long. Autrement dit, alors que chez le mâle le point P_3 est origine des adultes, le point P'_3 correspond, chez la femelle, à des individus encore jeunes. Dès à présent, et la suite le confirmera, on peut donc évaluer à cinq au moins le nombre d'époques de croissance chez la femelle.

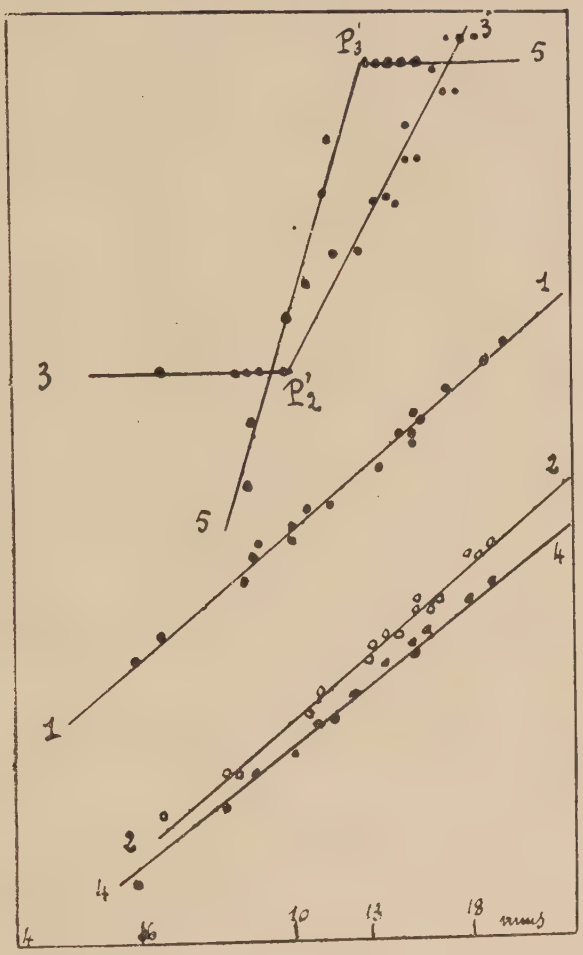


FIGURE 6. — *Mantis religiosa* ♀ — Etude biométrique de l'œil. Coordonnées logarithmiques. Abscisses : longueurs du pronotum. Ordonnées : 1. longueur de la tête ; 2. diamètre de l'œil ; 3. surface de l'œil ; 4. distance interoculaire mesurée sur la face dorsale ; 5. surface des facettes.

Ces considérations morphologiques étant venues compléter les données biométriques, définissons maintenant les points P'_2 et P'_3, comme nous l'avons fait à propos du mâle.

Le point P'_2 sépare en deux parties la variation de la surface de l'œil en fonction du pronotum (courbe 3). Ces deux parties sont représentées par deux tronçons de droites de pente différente ayant pour point commun P'_2. La surface de l'œil est constante (palier) tant que le pronotum a une longueur inférieure à 10 m/m. Elle croît ensuite selon une dysharmonie majorante, plus rapidement que le pronotum et que le corps de l'insecte ($\alpha = 1,7$).

Le point P'_3 sépare en deux parties la variation de la surface de la facette (courbe 5) en fonction du pronotum. Tant que le pronotum a une longueur inférieure à 13 m/m, la surface de la facette croît très rapidement, plus rapidement même que la surface de l'œil ($\alpha = 3,1$). Ensuite, on observe un palier, la surface de la facette demeure constante. Sa croissance est terminée bien que l'animal ne soit pas encore adulte, comme nous le faisions remarquer plus haut.

Enfin, la distance interoculaire *a* croît moins vite que la distance *a'*, la longueur de la tête et le diamètre de l'œil qui eux-mêmes croissent moins vite que le corps tout entier, cela avant le point P'_1. Ce point franchi, c'est-à-dire lorsque la longueur du pronotum devient supérieure à 9 m/m, la distance *a* croît moins vite que la longueur de la tête et le diamètre de l'œil ; ceux-ci croissent moins vite que le corps et que la distance *a'*. Il y a donc un changement notable dans le gradient de croissance au passage au point P'_1. Ceci complète ce qui a été dit précédemment à propos de la physionomie de l'insecte. Il était indispensable d'attendre l'étude de l'œil pour en faire état.

Les résultats mathématiques nous permettent de distinguer dans l'évolution de l'œil trois périodes :

1°) Le pronotum a une longueur inférieure à 10 m/m : la surface de l'œil est constante. Celle des facette *croît*. Comme chez le mâle, il y a *fusion des facettes*.

2°) Le pronotum a une longueur comprise entre 10 et 13 m/m. La surface de l'œil et celle des facettes *augmentent*. Mais la surface des facettes ($\alpha = 3,1$) augmente beaucoup plus rapidement que celle de l'œil ($\alpha = 1,7$). On peut affirmer que *la fusion* des facettes, si elle est moins active que dans la première partie, n'en continue pas moins d'être un fait certain.

3°) Le pronotum a une longueur supérieure à 13 m/m. La surface des facettes est *constante*. La croissance de l'œil n'est cependant pas terminée. Elle continue de se faire par *multiplication* des facettes.

c) Conclusions

Une comparaison entre le mâle et la femelle s'impose. Nous analyserons les différences et les ressemblances mises en évidence par les figures 5 et 6 et par les tableaux III et IV. En outre, nous construisons la droite représentative de la variation du diamètre de l'œil en fonction du double de l'apothème de la facette pour le mâle et pour la femelle (Fig. 7).

Ici se place, à propos de la courbe A (Fig. 7), une remarque qui est valable pour la plupart des graphiques que nous serons amenés à construire. Dans la vie d'un insecte chaque individu ne peut prendre qu'un nombre relativement restreint de tailles différentes (de quatre au minimum à sept au maximum). Il s'ensuit qu'on ne pourrait représenter sa croissance que par 7 points au maximum sur une courbe. Un autre individu permettrait de figurer également quelques points certainement différents des précédents, mais s'alignant tout de même avec eux à très peu près. C'est ce que G. Teissier explique à propos de l'étude de quelques variants sexuels de *Macropodia rostrata* (1943) et il conclut ainsi : « La représentation individuelle d'un nombre suffisamment grand d'individus finirait par dessiner complètement une étroite bande linéaire dont les points se presseraient autour d'une droite qui se confondrait à très peu près avec celle que nous avons figurée pour représenter la loi de croissance. Et si, dans la pratique, tous les points correspondant à une taille donnée ne se confondent pas avec un point de la droite, les écarts observés ne sont que des fluctuation fortuites autour d'un état particulièrement probable que réalisent un certain nombre d'individus et dont aucun ne s'écarte beaucoup. »

I) Les graphiques de la figure 7 mettent en évidence une première ressemblance entre le mâle et la femelle. Il y a dysharmonie entre le diamètre de l'œil et le double de l'apothème de la facelle hexagonale que nous désignerons plus brièvement sous le nom de dimension de la facette (d).

$$y = K\, d^{\alpha} \quad \text{avec} \quad \alpha = 0{,}8$$

Mais lorsque d = 44 μ, la dysharmonie cesse. La facette demeure constante, aussi bien chez le mâle que chez la femelle.

II) Nous observons au cours de l'étude de la croissance de l'œil deux points remarquables P_2 et P_3 chez le mâle analogues aux points P'_2 et P'_3 observés chez la femelle. Ils mettent en évidence des époques de croissance au cours desquelles nous pouvons voir la variation du nombre des facettes et deux faits parallèles : la croissance individuelle de chaque facette et les rebondissements de cette croissance sur celle de l'œil selon qu'elle est accompagnée d'une diminution, d'une constance ou d'une augmentation dans le nombre des facettes.

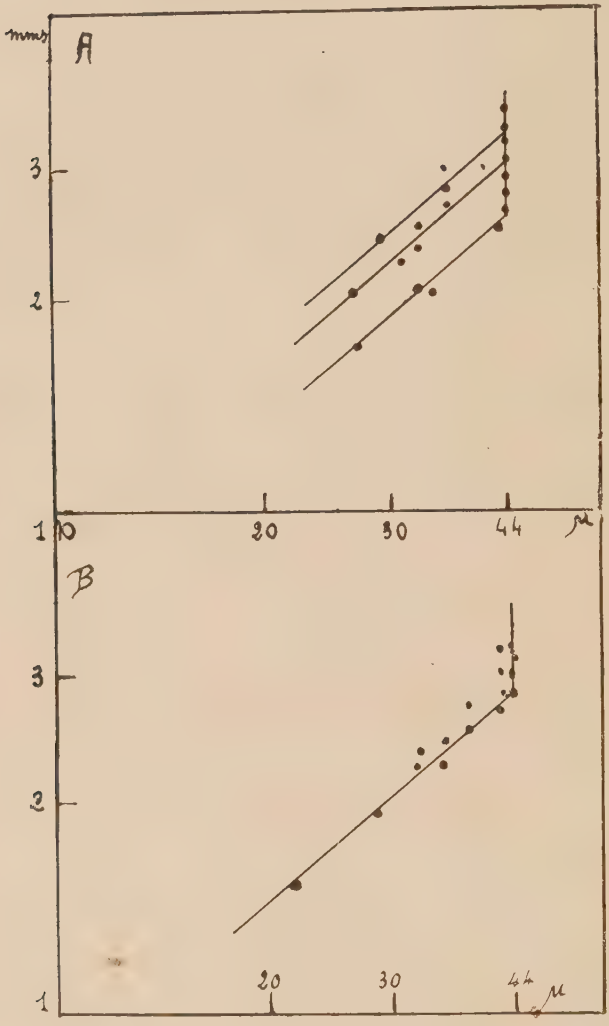


FIGURE 7. — Variation du diamètre de l'œil en fonction du double de l'apothème de la facette. A : *Mantis religiosa* ♀ ; B : *Mantis religiosa* ♂. Coordonnées logarithmiques.

III) La première différence consiste dans la place des points remarquables. P_2 correspond chez le mâle à un pronotum de 7 $^{m}/_{m}$ 5 de long, alors que P'_2 correspond chez la femelle à un pronotum de 10 $^{m}/_{m}$. La même observation est à faire pour P_3 et P'_3 qui, bien que correspondant dans les deux cas à un pronotum de 13 $^{m}/_{m}$ de long, n'ont

pas la même importance morphologique. Comme nous le disions plus haut, le mâle est adulte en P_3 ; la femelle ne l'est pas en P'_3. Ceci se traduit, d'ailleurs, de la façon suivante : *La croissance de la facette s'arrête quand le mâle devient adulte. Elle est terminée chez la femelle avant que celle-ci soit adulte.*

IV) Alors que chez le mâle l'évolution de l'œil en fonction du nombre des facettes peut se traduire schématiquement par trois périodes ainsi caractérisées : fusion, début de multiplication, multiplication ; chez la femelle, on observe bien trois périodes, mais avec des phénomènes quelque peu différents : fusion, suite de la fusion, multiplication.

IV. — L'ANTENNE

Après l'étude de l'œil, organe de la vision, se place tout naturellement l'étude de l'antenne, organe de l'olfaction. Pour étudier la croissance de cet organe nous avons procédé à des mensurations d'ordre divers.

La longueur de l'antenne a été mesurée au microscope avec vernier au dixième. De même le nombre d'articles a été compté au microscope. La forme de l'article a retenu notre attention et nous avons mesuré ses deux dimensions principales comme nous l'avions fait pour la facette avec un micromètre oculaire. Le schéma ci-contre indique quelles sont les deux dimensions en question que nous désignerons dorénavant sous le nom de longueur (*n*) et de largeur (*m*). La surface d'un article sera approximativement égale ou tout au moins proportionnelle au produit *m. n.* Les articles mesurés ont été toujours pris dans la région médiane de l'antenne, cela afin qu'ils soient bien et définitivement formés. Toutes les valeurs employées ont été scrupuleusmeent vérifiées. De plus, elles ont été trouvées un grand nombre de fois, ce qui assure leur exactitude et permet d'établir des moyennes.

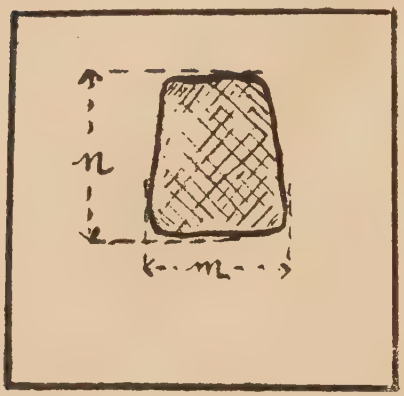


FIGURE 8. — Les segments caractéristiques de l'article. n : longueur ; m : largeur.

a) Le mâle

Toutes les courbes relatives à la croissance de l'organe de l'olfaction chez *Mantis religiosa* ♂ ont été groupées sur la figure 9 : la courbe A traduit la croissance de la longueur de l'antenne en fonction du pronotum ; la courbe B représente la croissance de la surface moyenne d'un article en fonction du pronotum. Ces deux courbes sont construites en coordonnées logarithmiques. La courbe C est construite en coordonnées arithmétiques. Elle représente la variation du nombre d'articles en fonction de la longueur (*b*) de la tête. Nous avons pensé, en effet, que la croissance du sys-

tème olfactif n'est pas indépendante de celle du système nerveux et par conséquent de la tête. Au reste, la séparation faite pour les besoins d'un exposé en trois parties : tête, œil, antenne n'a aucune vraisemblance biologique. C'est pourquoi, d'ailleurs, le chapitre suivant sera consacré à une comparaison des organes des sens.

Voici quelques-unes des mensurations qui nous ont permis d'effectuer les constructions indiquées ci-dessus :

Pronotum	7	9	11,3	13	15 mm.
Antenne	6,6	7	7,2	11	30 mm.
Surface ..... (article)	80	140	230	430	800

l'unité de longueur correspondante à l'unité d'aire de l'article étant le centième de millimètre.

Dans la figure 9, la variation de la longueur de l'antenne en fonction de celle du pronotum se fait selon la loi de dysharmonie

$$y = Kx^{\alpha}$$

La constante d'équilibre a deux valeurs différentes suivant qu'on a affaire à des animaux plus ou moins âgés. La croissance est très lente ($\alpha = 0{,}1$) tant que le pronotum de l'insecte a une longueur inférieure à 11 m/m 3. Elle devient ensuite considérablement plus rapide ($\alpha = 8$).

La variation de la surface de l'article en fonction du pronotum présente une grande analogie avec la croissance linéaire de l'antenne. Elle est d'abord relativement lente ($\alpha = 2{,}5$), puis plus rapide dès que le pronotum a une longueur supérieure à 11 m/m 3 ($\alpha = 5{,}1$).

Nous retrouvons ici avec cette dimension particulière du pronotum le point P_1, caractéristique à d'autres égards.

Poursuivons pour le moment cette petite analyse mathématique sans nous encombrer de considérations biologiques qui viendront en leur temps. La variation du nombre d'articles en fonction de la longueur de la tête a été étudiée en coordonnées arithmétiques, comme il a été dit plus haut. Elle est de la forme :

$$y = a\,x + b$$

le paramètre *a* étant ici l'équivalent de la constante d'équilibre α. On voit que tant que la tête n'a pas atteint 4 m/m de longueur, le

nombre d'articles croît lentement (a = 1,5). Cette croissance augmente brusquement par la suite, la tête ayant plus de 4 m/m de long (a = 13). On serait tenté de dire que le nombre des articles constituant l'antenne croît 8,6 fois plus vite lorsque l'animal est adulte, car, en effet, il le devient lorsque la tête atteint 4 m/m de long. En réalité, nous nous trouvons en présence d'une dysharmonie de taille chez les adultes. Un fait analogue s'est produit et a été commenté à propos de l'étude de l'œil. Les deux tronçons de droite, qui représentent toute la variation, ont en commun un point que nous appellerons P_3 par analogie avec ce qui précède.

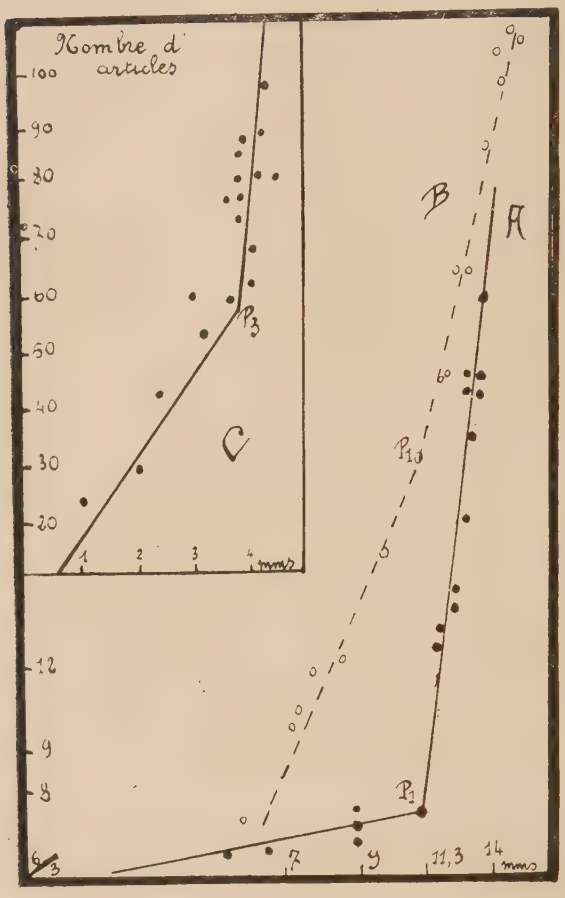


FIGURE 9. — *Mantis religiosa* ♂ — A : Croissance de la longueur de l'antenne en fonction de celle du pronotum ; B : Croissance de la surface moyenne d'un article en fonction de la longueur du pronotum ; C : variation du nombre d'articles en fonction de la longueur *b* de la tête ; A et B : Coordonnées logarithmiques ; C : Coordonnées arithmétiques.

Toutes les valeurs des paramètres des courbes de la figure 9 sont groupées dans le tableau V.

TABLEAU V

Longueur de l'antenne	0,1	P_1	8
Surface de l'article	2,5	P_1	5,1
Nombre d'articles	1,5	P_3	13
Longueur de la tête	0,7	P_1	1,2

Nous faisons figurer les valeurs de α pour la variation de la tête, car sa croissance est incontestablement liée à celle de l'organe de l'olfaction. En effet, le pronotum ayant une longueur inférieure à 11 m/m 3, le corps croît plus vite que la tête qui, elle-même, croît plus vite que l'antenne. Ce gradient de croissance n'est même pas définitif. Lorsque l'animal grandit, et plus exactement lorsque le pronotum dépasse cette taille de 11 m/m 3, l'antenne croît plus vite que la tête qui, elle-même, croît plus vite que le corps. Il y a eu à ce point de vue une véritable révolution, le nouveau gradient de croissance étant exactement l'inverse du précédent, et ceci souligne l'importance, non seulement biométrique, mais véritablement biologique du point P_1.

La croissance de l'article se fait comme il a été indiqué, mais il est utile d'ajouter que la forme de l'article est sujette à variation.

En effet, le rapport $\frac{m}{n}$ croissant chez le jeune, est décroissant chez l'adulte. Ce résultat mathématique est confirmé par l'observation directe au binoculaire : l'article est plus large que long chez le jeune et plus long que large chez l'adulte.

En conclusion, la croissance de l'antenne partage l'évolution de *Mantis religiosa* ♂ en deux époques : la première correspondant à des jeunes, la deuxième correspondant à des animaux jeunes plus évolués que les précédents et à des adultes.

Lorsque le pronotum a une longueur inférieure à 11 m/m 3, la croissance de l'antenne présente une dysharmonie minorante par rapport au corps. Cette croissance lente s'accompagne d'une augmentation de la surface des articles et d'une augmentation du nombre d'articles.

Quand l'animal a un pronotum supérieur à 11 m/m 3 de long, la croissance de l'antenne présente une dysharmonie majorante par rapport au corps. Autrement dit, la croissance devient plus rapide. Cette accélération est due au fait que la surface des articles croît aussi plus rapidement. C'est ce qu'indique la courbe B (Fig. 9). Mais ce n'est pas tout. Quand l'animal devient adulte (pronotum de 13 m/m de long), un deuxième phénomène s'ajoute au précédent. Le nombre d'articles est bien plus important que précédemment. Le résultat global, qui est l'allongement de l'antenne, est dû à une croissance des articles en surface et en nombre. Il se traduit

biométriquement ainsi : la constante d'équilibre passe de la valeur 0,1 à la valeur 5,6 (courbe A ; Fig. 9).

Enfin, reste à expliquer le mécanisme selon lequel le nombre d'articles croît : la loi qui régit cette croissance étant bien établie, l'observation directe nous apporte un complément d'information. Nous l'avons faite sur de nombreux individus d'âge divers, mais provenant d'un lot parfaitement homogène.

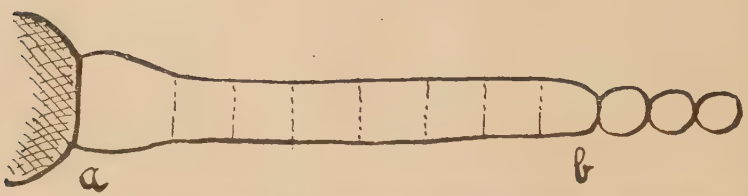


FIGURE 10. — *Mantis religiosa* ♂ — Mécanisme de l'allongement de l'antenne

J'appelle zone d'accroissement la partie de l'antenne qui fait immédiatement suite à la base, c'est-à-dire au point d'insertion sur la tête. Cette zone d'accroissement est caractérisée par une enveloppe unique *ab* (Fig. 10) et par un début de segmentation du contenu de *ab* très visible au binoculaire. Les articles nouvellement formés se placent à la suite de cette zone d'accroissement.

b) La femelle

La figure 11 contient tous les graphiques nécessaires à l'explication de la croissance de l'antenne chez *Mantis religiosa* ♀. Les courbes A et B ont été construites en coordonnées logarithmiques. La courbe A exprime la variation de la longueur de l'antenne en fonction de celle du pronotum. La courbe B traduit la variation de la surface d'un article toujours en fonction de la longueur du pronotum. Enfin, la courbe C va nous renseigner sur la variation du nombre d'articles constituant l'antenne en fonction de la longueur de la tête. Elle a été construite en coordonnées arithmétiques.

Voici quelques-uns des chiffres qui nous ont permis d'effectuer les constructions des graphiques de la figure 11. Les citer tous comme à propos d'autres questions serait bien difficile et sans intérêt essentiel.

Longueurs du pronotum	8	9	13	15	18	20 mm.
Longueurs de l'antenne	7	7	10,5	12,5	16	20 mm.
Surfaces de l'article	112,5	112,5	112,5	150	215	280

l'unité de longueur correspondante à l'unité d'aire de l'article étant le 1/100 de mm.

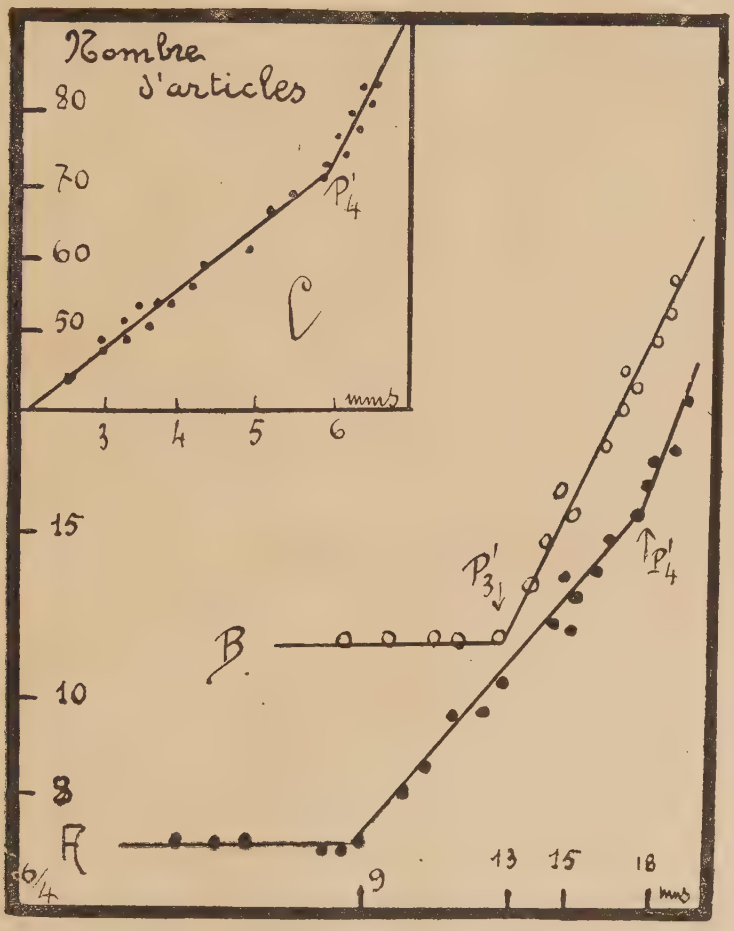


FIGURE 11. — *Mantis religiosa* ♀ — A : Croissance de la longueur de l'antenne en fonction de celle du pronotum ; B : Croissance de la surface moyenne d'un article en fonction de la longueur du pronotum ; C : Variation du nombre d'articles en fonction de la longueur *b* de la tête ; A et B : Coordonnées logarithmiques ; C : Coordonnées arithmétiques.

Les variations de la longueur de l'antenne et de la surface de l'article en fonction de la longueur du pronotum se font selon la même loi de dysharmonie déjà souvent citée :

$$y = K x^{\alpha}$$

La courbe A (Fig. 11) nous montre que la constante d'équilibre passe par trois valeurs différentes définissant ainsi deux points remarquables : le point P'_1 déjà rencontré chez la femelle et qui correspond à un insecte de pronotum égal à 9 m/m de long ; le point P'_4, inconnu jusqu'à présent, correspond à des individus ayant un pronotum de 18 m/m de long. Ce point P'_4 se place chez les individus déjà adultes ; rappelons à ce propos que la femelle devient adulte quand le pronotum atteint 15 m/m de long.

La courbe B (Fig. 11) ne nous révèle pas de point nouveau comme la courbe A, mais nous confirme l'importance du point P'_3 (pronotum = 13 m/m) qui correspond à un changement de valeur de la constante d'équilibre dans la variation de la surface de l'article.

La courbe C (Fig. 11) nous montre que la variation du nombre d'articles constituant l'antenne se fait en fonction de la longueur de la tête selon une loi simple :

$$y = a x + b$$

Tant que la tête a une longueur inférieure à 6 m/m, le nombre d'articles croît assez lentement. Mais quand la tête dépasse en longueur 6 m/m, cette croissance devient beaucoup plus rapide, exactement deux fois. Les deux segments de droite traduisant cette variation ont en commun un point que nous appellerons P'_4. En effet, une tête de 6 m/m correspond à un pronotum de 18 m/m. C'est donc au moment où la croissance de l'antenne en longueur devient très rapide que le nombre d'articles augmente lui aussi plus rapidement.

Nous nous contentons pour le moment de faire l'analyse mathématique du graphique. Nous verrons plus loin quelles sont les conclusions qu'on peut tirer de cet état de choses.

Toutes les valeurs des paramètres des courbes de la figure 11 sont groupées dans le tableau VI.

TABLEAU VI

Longueur de l'antenne	0	P'_1	1,2	P'_4	2,4
Surface de l'article	0	P'_3	2		
Nombre d'articles	0,8			P'_4	1,6
Longueur de la tête	0,8				0,8

Le pronotum ayant une longueur inférieure à 9 m/m, le corps croît plus vite que la tête qui, elle-même, croît plus vite que l'antenne. Cela a lieu avant le point P'_1 de nos graphiques. Ce point franchi, c'est l'antenne qui croît plus vite que le corps, celui-ci ayant une croissance plus rapide que la tête, puisque celle-ci présente toujours une dysharmonie minorante. Le point P'_1 se présente donc bien une fois de plus comme l'homologue du point P_1. Soulignons pour le moment que cette homologie ne correspond pas à une homologie de taille, puisque le mâle a un pronotum de 11 m/m 3, tandis que la femelle a un pronotum de 9 m/m seulement. Nous reviendrons plus longuement sur cette question dans le chapitre suivant.

Les mesures faites et l'observation directe montrent que l'article est toujours plus large que long chez la femelle, qu'il s'agisse de jeunes ou d'adultes. Cela constitue une petite différence avec ce qui a été vu chez le mâle, mais il était bon de le signaler. Ce fait, d'ailleurs, ne change rien au phénomène de la croissance.

En conclusion, la croissance de l'antenne partage l'évolution de *Mantis religiosa* ♀ en quatre époques : les deux premières correspondent à des animaux jeunes, la troisième comprend des jeunes et des adultes, enfin la quatrième ne comprend que des adultes.

Lorsque le pronotum a une longueur inférieure à 9 m/m, la *longueur* de l'antenne et la *surface* de l'article sont constantes. On note toutefois une légère augmentation du nombre d'articles selon un processus qui sera exposé plus loin.

Quand le pronotum a une longueur comprise entre 9 et 13 m/m, la longueur de l'antenne *croît,* la surface de l'article est toujours constante, mais le nombre *d'articles* est devenu bien plus élevé. Il y a donc eu ici allongement de l'antenne par augmentation du nombre d'articles.

Nous arrivons ainsi à la troisième époque. Les points correspondant aux jeunes les plus évolués s'alignent avec d'autres correspondant aux adultes de petite taille. Morphologiquement, cela constitue deux époques. Biométriquement, il n'y en a qu'une. Au cours de l'étude d'autres parties du corps de l'insecte (les organes du vol : élytres et ailes, par exemple), nous devrons d'ailleurs scinder cette époque en deux autres par des considérations morphologiques, mais aussi par des considérations mathématiques. Le pronotum ayant une longueur comprise entre 13 et 18 m/m, l'antenne s'allonge, non plus seulement par augmentation du nombre d'arti-

cles, mais également par croissance individuelle des articles. Cette croissance se fait selon une loi de dysharmonie majorante, c'est-à-dire plus rapidement que celle du corps.

Enfin, quand le pronotum dépasse 18 m/m de longueur, nous avons affaire à des adultes. La croissance de l'article se fait toujours à la même vitesse. Cependant, l'allongement de l'antenne est devenu plus rapide. En effet, la constante d'équilibre α passe de la valeur 1,2 à 2,4. A quoi cela est-il dû ? La courbe C (Fig. 11) nous fournit immédiatement la réponse : le nombre d'articles croît deux fois plus vite après le point P'_4. Nous dirons qu'ici, au cours de cette quatrième époque, l'allongement de l'antenne se fait par augmentation du nombre d'articles. Mais alors se pose une nouvelle question : au cours des quatre époques de la croissance, nous avons parlé d'augmentation du nombre d'articles. Comment se fait-elle ? Elle ne se fait pas comme chez le mâle. Sur plus de cent femelles d'âges très divers, nous n'avons jamais vu de zone d'accroissement. Par contre, nous avons observé maintes fois des articles en voie de division et cela dans toutes les régions de l'antenne, aussi bien vers la base que vers l'extrémité. Cette différence entre le mâle et la femelle nous amène à conclure en établissant une comparaison un peu plus détaillée des sexes.

Enfin, un problème important se pose. Ce changement de constante d'équilibre *semble* se produire pendant la *phase adulte,* ce qui est paradoxal, puisque l'animal ne grandit plus. On pourrait supposer que l'antenne s'accroît effectivement à l'état adulte. Cela n'a rien d'impossible. Mais on peut se rappeler aussi que cet accroissement et ce changement de valeur de α datent de l'intermue précédente. La question sera évoquée plus loin (chapitre X, p. 90).

c) Conclusions

Les ressemblances entre le mâle et la femelle sont nombreuses. L'allongement de l'antenne et la croissance de la surface de l'article se font selon une loi de dysharmonie :

$$y = K x^{\alpha}$$

en fonction de la longueur du pronotum, tandis que le nombre d'articles varie selon la loi du premier degré :

$$y = a x + b$$

en fonction de la longueur de la tête. Les diverses courbes présentent des points remarquables permettant de diviser en un certain nombre d'époques l'évolution de l'insecte.

Enfin, l'allongement de l'antenne est conditionné par la croissance de la surface de l'article comme celle de l'œil était conditionné par la croissance de la facette. De plus, il dépend évidemment de l'augmentation du nombre d'articles.

Pour qu'une comparaison soit complète, il faut également tenir compte des différences même, si en définitive elles paraissent secondaires. Un examen des tableaux V et VI met en évidence le fait suivant : la croissance de l'antenne est plus rapide chez le mâle que chez la femelle. Chez l'un comme chez l'autre, les points correspondant aux jeunes très évolués s'alignent avec les adultes de petite taille. Mais alors que cet alignement se fait chez le mâle à partir du moment où le pronotum a 11 $^{m}/_{m}$ 3 de long, il ne se fait chez la femelle que lorsque le pronotum atteint 13 $^{m}/_{m}$ de longueur. Donc, non seulement la croissance de l'antenne est plus rapide chez le mâle que chez la femelle, mais on peut dire encore qu'à ce point de vue le mâle est plus précoce. Cela ne nous surprend pas. Nous avons déjà vu qu'un pronotum de 13 $^{m}/_{m}$ correspond à un mâle adulte, tandis que la femelle n'est adulte que lorsque le pronotum atteint 15 $^{m}/_{m}$ de long.

Enfin, il y a des différences moins importantes que je groupe ici simplement à titre de rappel. C'est ainsi que le nombre d'époques de croissance n'est pas le même ; il y en a davantage chez la femelle. Le rapport $\frac{m}{n}$ montre par les valeurs successives qu'il prend, que la forme de l'article n'est pas absolument semblable chez le mâle et chez la femelle. En outre, l'augmentation du nombre d'articles se fait chez l'un comme chez l'autre selon un processus biologique différent qui a été exposé plus haut. Chez le mâle, en effet, il y a une sorte de bourgeonnement à partir d'une zone d'accroissement, tandis que chez la femelle on observe une bi-partition des articles.

V. — TETE. ŒIL. ANTENNE

La croissance de la tête est conditionnée par celle de quatre segments principaux que nous avons bien définis. Celles de l'œil et de l'antenne dépendent en grande partie de la variation des dimensions de la facette et de l'article. Il est, d'autre part, incontestable que le développement de l'œil et de l'antenne est en relation directe avec celui de la tête et cela non seulement morphologiquement et physiologiquement, mais aussi d'une manière biométrique. Le but de ce chapitre est de comparer entre elles les diverses croissances étudiées jusqu'à présent. Elles sont solidaires les unes des autres et si, comme nous l'avons déjà dit, il a fallu, pour des raisons pratiques les exposer séparément, il n'en demeure pas moins vrai que nous avons été entraînés à parler de la tête à propos de la croissance de l'œil et de celle de l'antenne, que nous avons laissé deviner un parallèle entre antenne et œil d'une part, et entre article et facette d'autre part. Le moment est venu de procéder à une sorte de synthèse de tout cela.

a) Le mâle

Les différents graphiques qui ont été construits ont mis en évidence des points remarquables qui correspondent, pour employer un langage plus biologique, à des moments critiques dans l'évolution de l'animal. Ils définissent par leur position les diverses époques de la croissance.

I) Avant que le pronotum atteigne 7 m/m 5 de long, le corps a une taille inférieure à 29 m/m. C'est l'époque où l'on assiste à une croissance individuelle des facettes *par fusion,* la surface de l'œil restant constante. L'allongement de l'antenne se fait plus lentement que celui du corps, cela par croissance des articles en nombre et en dimension. Quant à la tête, sa croissance se fait moins vite que celle de l'antenne qui, elle-même, croît plus rapidement que la surface de l'œil.

II) L'époque suivante comprend des animaux dont le corps a une longueur comprise entre 29 et 43 millimètres, la longueur du pronotum étant comprise entre 7 m/m 5 et 11 m/m 3. Un changement notable vient de se produire. La croissance de la surface de l'œil se fait maintenant à vive allure. Elle se présente comme résultante de

deux phénomènes : la croissance individuelle de chaque facette et la multiplication des facettes. Tandis que la tête et l'antenne continuent leur croissance relativement lente, celle de l'œil est devenue plus rapide que celle du corps.

III) Nous avons maintenant affaire à des animaux dont le pronotum a une longueur comprise entre 11 m/m 3 et 13 m/m (longueur du corps comprise entre 43 m/m et 50 m/m). Il n'y a rien de changé dans la croissance de l'œil. En revanche, celle de l'antenne est plus rapide que celle de la tête qui, elle-même, croît à présent plus vite que le corps. L'antenne commence à augmenter d'importance.

IV) Enfin, l'animal ayant une taille supérieure à 50 m/m, il est adulte. La croissance est pratiquement terminée. On observe des dysharmonies de taille (œil, antenne), mais ce sont là des faits accessoires qui n'ont pas grande influence sur le phénomène général qui nous occupe.

Pour compléter cette étude comparée des diverses croissances, nous allons grouper dans un tableau les gradients caractéristiques de chaque époque. (Tableau VII). Les chiffres indiquent la valeur de la constante d'équilibre.

TABLEAU VII

P_2		P_1		P_3	
Pronotum ..	1	Œil	2	Antenne ...	8
Tête	0,7	Pronotum ..	1	Œil	2
Antenne ...	0,1	Tête	0,7	Tête	1,2
Œil	0	Antenne ...	0,1	Pronotum ..	1

Antenne ...	8
Œil	2
Tête	1,2
Pronotum ..	1

Il ressort de l'examen de ce tableau que le fait que l'animal devient adulte ne change rien à l'importance relative des organes des sens (œil, antenne) et de la tête. A ce point de vue le point P_1 apparaît comme bien plus important que le point P_3. Nous avons déjà défini ce point P_1. Il se place au cours de l'évolution des jeunes. La suite soulignera encore son importance et nous permettra alors de donner une interprétation biologique de la révolution qui a lieu dans la croissance de *Mantis religiosa* ♂ à ce moment-là. Notons enfin que l'antenne, en définitive, a une croissance plus importante que celle de l'œil. *Physiologiquement, son rôle apparaît prépondérant.*

b) La femelle

I) Le pronotum ayant une longueur inférieure à 9 m/m, la croissance de la tête se fait très lentement, plus lentement que celle du corps. La surface de l'œil reste pratiquement constante. De plus, l'allongement de l'antenne est nul. Il y a bien multiplication des articles, mais cela ne tire pas à conséquence. Le cloisonnement qu'on observe ne s'accompagne pas d'une croissance en surface.

II) Le pronotum ayant une longueur comprise entre 9 m/m et 10 m/m, la surface de l'œil est toujours constante, mais l'allongement de l'antenne commence et cela assez rapidement, plus rapidement même que l'allongement du corps. La croissance de la tête se fait toujours à la même vitesse et sans changement au cours de toute l'évolution de l'animal.

III) Le pronotum ayant une longueur comprise entre 10 m/m et 18 m/m, l'antenne conserve la même constante d'équilibre (1,2) ; il en est de même pour la tête (0,8), mais la surface de l'œil croît maintenant plus vite que le corps (1,7). On observe d'abord une fusion des facettes. Cette fusion cessera lorsque le pronotum atteindra 13 m/m de long. Il y aura alors multiplication. Mais le point P'_3 ne nous intéresse pas ici. Au point de vue croissances comparées, rien ne change dans l'intervalle précité. Le corps ayant une longueur comprise entre 36 m/m et 60 m/m, la surface de l'œil croît plus vite que l'allongement de l'antenne. Celui-ci croît plus vite que celui du corps qui, lui-même, a une croissance plus rapide que la tête.

IV) Enfin, lorsque le pronotum atteint 18 m/m de long, l'animal est déjà adulte depuis un certain temps. Cette dernière époque se caractérise par une dysharmonie de taille, à propos de l'antenne, faisant suite d'ailleurs à une dysharmonie de croissance, la constante d'équilibre ayant doublé de valeur après le point P'_4. Les divers gradients de croissance de la femelle sont groupés dans le tableau suivant.

TABLEAU VIII

P'_1		P'_2		P'_4	
Pronotum ..	1	Antenne ...	1,2	Surf. œil ..	1,7	Antenne ...	2,4
Tête	0,8	Pronotum ..	1	Antenne ...	1,2	Surf. œil ..	1,7
Surface œil.	0	Tête	0,8	Pronotum ..	1	Pronotum ..	1
Antenne ...	0	Œil	0	Tête	0,8	Tête	0,8

Parmi les points remarquables rencontrés jusqu'à présent, les points P'_1, P'_2, P'_4 sont les seuls à présenter un intérêt pour le présent chapitre. Chacun correspond à une accélération dans la croissance d'un organe sensoriel. A l'inverse de ce qui se passe chez le mâle, la tête présente toujours une croissance plus lente que le corps. Notons enfin que toutes ces croissances se font plus lentement chez la femelle que chez le mâle. Autrement dit, le mâle atteint beaucoup plus tôt son état définitif. C'est ce que met en évidence le tableau IX, où les points remarquables de l'un et de l'autre ont été placés et définis selon les tailles des divers organes étudiés.

L'observation directe nous permettait de diviser l'évolution de l'insecte en deux parties : les jeunes et les adultes. La biométrie des organes des sens nous a révélé des points particuliers qui permettent de fixer de nouvelles divisions ou époques dans la croissance. Nous allons poursuivre cette étude par l'examen d'autres organes. Ce n'est qu'après cela que nous exposerons la signification biologique plus détaillée des moments critiques ainsi révélés.

TABLEAU IX

MALE		P_2		P_1		P_3	ADULTES
		mms					
Longueurs du pronotum	1re époque	7,5	2me époque	11,3	3me époque	13	4me époque
Longueurs du corps		29		43		50	
Longueurs de la tête		2,6		3,4		4	
Surfaces de l'œil		3,2 mm²		7		9,8	
Longueurs de l'antenne		6,7		7,2		11	

FEMELLE		P'_1		P'_2		P'_3		ADULTES P'_4			
Longueurs du pronotum	1re époque	9	2me époque	10	3me époque	13	4me époque	15	5me époque	18	6me époque
Longueurs du corps		30		36		44		50		60	
Longueurs de la tête		3,4		3,8		4,7		5,3		6	
Surfaces de l'œil		6,2 mm²		6,2		10		13		18	
Longueurs de l'antenne		7		7,9		10,5		12,5		16	

VI. — LES AILES

On sait que chez les Blattides, les ébauches des ailes restent à plat sur le dos et se développent très lentement. Il en est de même chez les Criquets, mais de plus, chez ces mêmes Insectes, les ébauches, d'abord latérales, se replient ; au début, ce sont les élytres qui sont recouvertes par les ailes, mais à la dernière mue, le retournement complet remet les choses dans leur ordre normal : les ailes passent sous les élytres. Nous reproduisons ces faits dans deux figures (12, A et B) empruntées à Chopard (Faune de France).

Quelques remarques préalables sont à faire ici à propos de l'importance relative des ailes et des élytres chez le mâle et chez la femelle. Chopard encore (1936), indique que le développement des organes du vol est moindre chez le mâle (Orthoptères et Dermaptères). Pourtant, la femelle ne s'en sert guère, tandis que le mâle, qui recherche la femelle, joue des ailes d'une façon très singulière. « Il se rapproche, il étale ses ailes ; c'est là sa déclaration » (J.-Fabre) (1). C'est un point de vue poétique, mais cependant, il faut noter dans le même ordre d'idées que chez *Ameles decolor,* il n'y a pas d'aile ou simplement des ailes rudimentaires chez la femelle, alors que le mâle est normal à cet égard.

Dans l'étude qui va suivre, nous aurons toujours soin de comparer les croissances de l'élytre et de l'aile, non seulement entre elles et avec celle du pronotum, mais encore avec la croissance de la tête. Il est vraisemblable qu'il y a un rapport entre la croissance des organes du vol et le développement du système nerveux.

a) Le mâle

Les courbes de la figure 12 représentent les variations des longueurs de l'aile et de l'élytre en fonction de celle du pronotum. Elles ont été construites après de nombreuses mensurations. J'en citerai ici quelques-unes seulement.

Pronotum	7,5	11,3	13	15 mm.
Elytre	3,4	7,6	31	37 mm.
Aile	3,3	7	30	35 mm.

(1) Souvenirs entomologiques, 5me série, 1934, Paris, Delagrave.

On voit immédiatement que la croissance des organes du vol se fait en trois périodes nettement séparées, non seulement par les dimensions très différentes de chaque organe, mais aussi par la

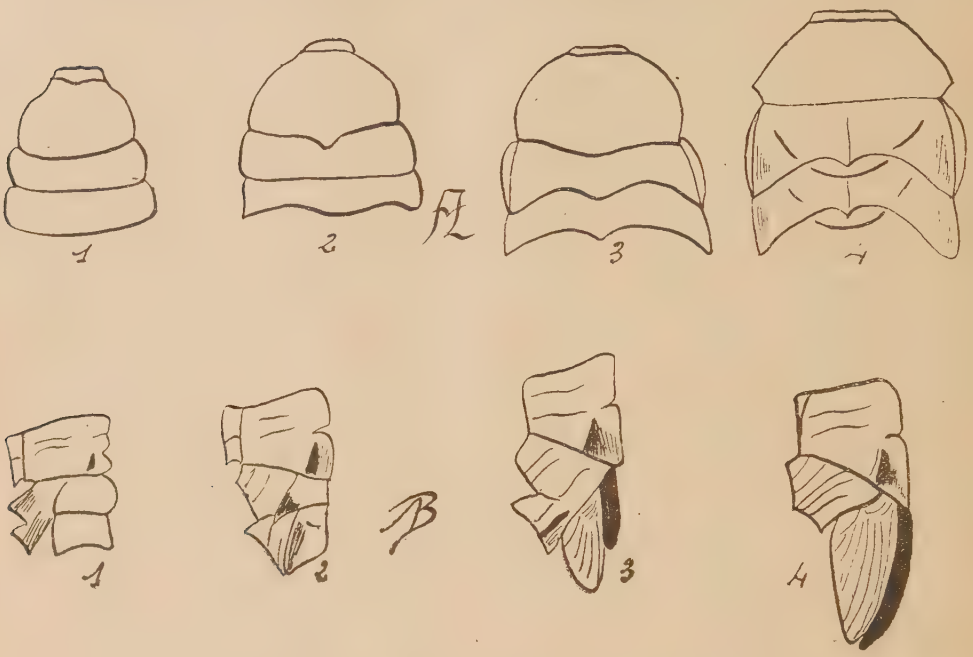


FIGURE 12. — Développement des élytres et des ailes d'après Chopard
A) *Blattida germanica.* B) *Dociostaurus maroccanus*

constante d'équilibre qui peut servir à définir précisément chacune des trois époques. Les différentes valeurs de cette constante sont groupées dans le tableau suivant.

TABLEAU X

Elytre	1		2		1,2
Aile	1	P_1	0,4	P_3	1
Tête	0,7		1,2		1,2

Les deux premières périodes sont séparées par le point P_1. Une fois de plus, nous voyons que la période jeune est scindée en deux : d'une part, des jeunes très évolués, mais bien différents des adultes ; d'autres part, des individus qu'on peut qualifier de « très jeunes » pour le moment, afin de les séparer des autres. Cette

dénomination est provisoire. Dès les chapitres suivants, nous reviendrons sur ce point. La troisième époque comprend des individus adultes. Elle se sépare donc de la seconde par le point P_3 déjà caractérisé à d'autres points de vue. Enfin, nous avons fait figurer les valeurs de la constante d'équilibre de la tête dans le tableau précédent afin de pouvoir établir aisément une comparaison.

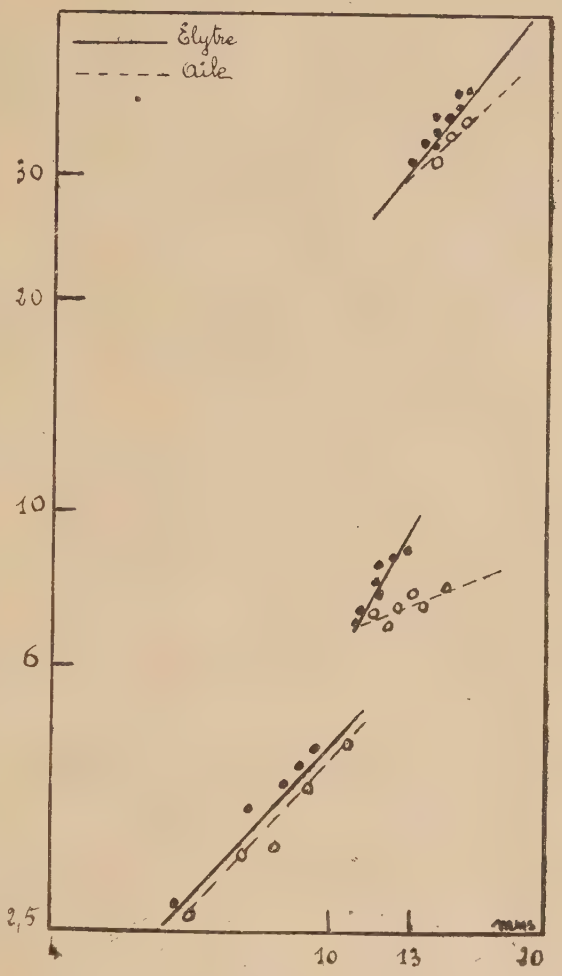


FIGURE 13. — *Mantis religiosa* ♂ — Variations des longueurs de l'élytre et de l'aile en fonction de celle du pronotum. Coordonnées logarithmiques.

La première période comprend des animaux de petite taille. Leur corps n'a pas plus de 43 m/m de long. La croissance de l'élytre se fait aussi rapidement que celle de l'aile. Cette croissance est harmonique ou encore isométrique par rapport au corps; c'est-à-dire que la longueur des organes du vol est directement proportionnelle à celle de l'animal. La tête, par contre, a une croissance moins rapide que le corps.

Quand le pronotum dépasse 11 m/m 3 de longueur et avant que l'individu atteigne l'état adulte, nous avons affaire à des animaux de 43 m/m à 50 m/m de long. Au cours de cette période, la croissance de l'élytre devient deux fois plus rapide, tandis que celle de l'aile

est sensiblement deux fois moins rapide que précédemment. L'égalité qui existait jusque-là au point de vue croissance, et presque au point de vue dimensions, est rompue au bénéfice de l'élytre.

L'animal devient adulte. Il n'y a plus qu'une dysharmonie de taille caractéristique de l'élytre et de l'aile, les constantes d'équilibre sont très peu différentes. Mais le retard subi par l'aile au cours de la deuxième période ne sera pas rattrapé. C'est donc, en conclusion, au cours de la croissance des jeunes très évolués que l'élytre et l'aile se différencient, non seulement biométriquement, mais encore morphologiquement.

Notons enfin une caractérique commune aux jeunes très évolués et aux adultes : chez les uns comme chez les autres, la croissance de la tête est devenue plus importante, puisqu'elle se fait plus rapidement que l'allongement du corps.

b) La femelle

Les courbes de la figure 14 représentent la variation des longueurs de l'aile et de l'élytre en fonction de celle du pronotum. Voici quelques résultats de nos mesures qui ont permis cette construction :

Pronotum	9	10	13	15	18 mm.
Elytre	4,9	5,5	7	10	38 mm.
Aile	3,5	4,3	7	7,6	33 mm.

Nous trouvons ici quatre époques dans l'évolution des organes du vol. Comme pour le mâle, nous allons donner un tableau des valeurs du paramètre α :

TABLEAU XI

Elytre	1		2,6			1,2	
Aile	2	(P'_3)	2,6	Adulte	0,3	(P'_4)	1,2
Tête	0,8		0,8			0,8	

Les deux premières époques sont séparées par le point P'_3. L'une et l'autre correspondent à des animaux jeunes. Les deux dernières, séparées par le point P'_4, correspondent à des animaux adultes.

Les individus de la première époque ont une longueur inférieure à 44 $^m/_m$. Chez eux, la croissance de l'élytre se fait aussi vite que celle du corps et présente donc simplement une isométrie.

Quant à celle de l'aile, elle est caractérisée par une dysharmonie majorante ; elle se fait deux fois plus vite que l'allongement du corps.

Les individus de la deuxième époque correspondent à ceux que nous avons qualifiés de « jeunes très évolués » chez le mâle, puisqu'il s'agit ici de l'époque précédant immédiatement l'état adulte. Elytre et aile croissent selon la même loi de dysharmonie majorante, plus rapidement qu'au cours de l'époque précédente.

Jusqu'à présent, dans l'ensemble, la croissance de l'élytre a été moins rapide que celle de l'aile. L'animal devenant adulte, nous observons des dysharmonies de taille. Ce n'est que lorsque l'animal dépassera 60 m/m de long, que l'élytre et l'aile présenteront à nouveau la même dysharmonie.

En conclusion, cette étude nous confirme pour la femelle l'importance des points P'_3 et P'_1 et nous révèle l'existence d'un autre point remarquable : le point adulte correspondant à des animaux de 50 m/m de long ayant un pronotum de 15 m/m.

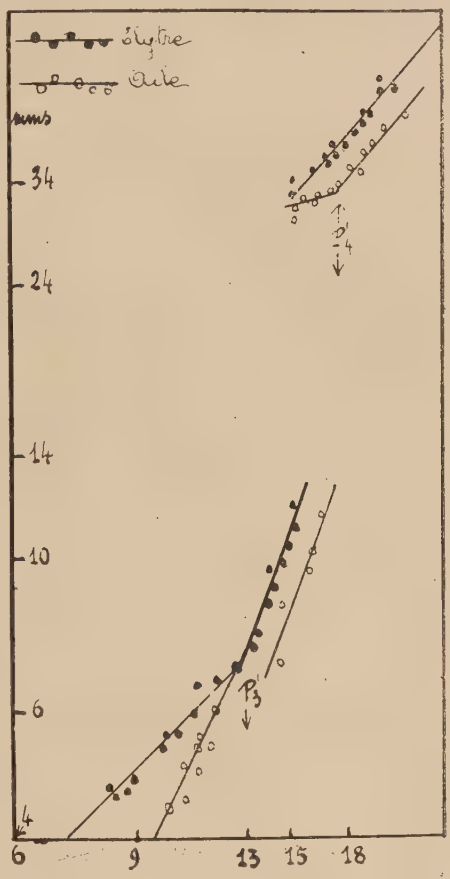


FIGURE 14. — *Mantis religiosa* ♀ — Variations des longueurs de l'élytre et de l'aile en fonction de celle du pronotum. Coordonnées logarithmiques.

La croissance de l'aile plus rapide que celle de l'élytre chez les très jeunes lui devient égale chez les jeunes très évolués. Chez les adultes, les choses se passent de telle façon qu'en définitive l'élytre rattrape son retard et tout se termine par une isométrie entre élytre et aile. La croissance de la tête reste toujours moins rapide que celle des organes du vol et du corps.

Signalons enfin le changement de valeur de α pour un pronotum de 18 m/m, en pleine phase adulte, donc en principe, en pleine phase d'inertie. Nous ne reprenons pas les quelques remarques faites précédemment (antenne, chapitre IV, p. 58) et nous renvoyons au chapitre X.

c) Conclusions

La croissance des organes du vol obéit chez *Mantis religiosa* à la loi générale de dysharmonie

$$y = K x^{\alpha}$$

Toutefois, il arrive assez souvent chez le mâle et chez la femelle que α soit égal à 1 ou en diffère très peu, ce qui signifie qu'il y a alors harmonie ou isométrie, la croissance des organes en question se faisant à la même allure que celle du corps.

Chez le mâle : l'élytre a une croissance aussi rapide ou plus rapide que le corps. L'aile a une croissance aussi rapide ou moins rapide que le corps.

Chez la femelle : l'élytre a une croissance aussi rapide ou plus rapide que le corps. Il y a là analogie avec ce qui se passe chez le mâle. Mais l'aile a une croissance plus ou moins rapide que le corps sans jamais présenter d'isométrie avec lui.

D'une manière générale, on peut dire que la croissance des organes du vol se fait plus rapidement chez la femelle que chez le mâle. En outre, tandis que le stade le plus critique à cet égard est pour le mâle celui des « jeunes très évolués », pour la femelle c'est celui qui correspond à des adultes de taille relativement petite (inférieure à 60 m/m).

L'évolution des organes du vol se fait donc chez le mâle sous le signe de la sexualité, et chez la femelle sous le signe de la chasse et de la nourriture.

VII. — L'ABDOMEN

Ce chapitre et le suivant sont étroitement liés, comme on va s'en rendre compte. Les questions traitées méritent un historique particulier, parce qu'elles présentent un caractère un peu spécial, et on ne pouvait donc les évoquer dans une introduction générale. Dans l'étude des variants sexuels, l'abdomen d'une part, la patte ravisseuse d'autre part, méritent de retenir l'attention.

Smith (1906) a étudié, dans le même ordre d'idées, la croissance d'*Inachus mauritanicus*. L'évolution des pinces du mâle permet de distinguer dans la croissance de celui-ci deux époques correspondant l'une à des « *mâles faibles* », l'autre à des « *mâles forts* », pour employer l'expression de Ch. Pérez, traduisant ainsi celle de Bateson et de Smith, qui parlaient de mâles « low » et de mâles « high ». De la même façon, on a pu distinguer des femelles « *adultes* » et des femelles « *adolescentes* », selon que l'abdomen était plus ou moins large.

Schaw (1928) sur *Inachus dorsettensis*, et Huxley (1932) sur *Uca pugnax*, ont reconsidéré la question.

Teissier (1933) a étudié la croissance des pinces des mâles et de l'abdomen des femelles chez *Macropodia rostrata*. Il conclut ainsi : « Il existe deux catégories de mâles, les mâles « faibles » et les mâles « forts » reconnaissables aux dimensions de leurs pinces. Ces deux classes sont presques toujours faciles à distinguer, malgré l'amplitude très notable des variations individuelles, mâles faibles et mâles forts représentent deux étapes successives d'une même évolution, que sépare une mue de signification très particulière. Alors qu'aux mues précédentes et aux mues suivantes, l'accroissement relatif de la longueur des pinces n'est que de peu supérieur à l'accroissement relatif de la longueur du corps ; au moment où se produit cette mue spéciale, la pince augmente brusquement de la quantité dont elle aurait dû s'accroître en deux mues normales.

« On observe chez les femelles un phénomène exactement parallèle au précédent. Dans ce sexe l'abdomen atteint en une mue les dimensions que l'on pourrait escompter lui voir prendre trois mues ordinaires. Ainsi, les femelles se classent en « adolescentes » et en « adultes », comme les mâles se classent en « faibles » et « forts ». Cette homologie complète des phénomènes présentés dans les deux sexes autorise à confondre les deux nomenclatures proposées

par SMITH et à parler désormais de mâles ou de femelles « adolescents » et « adultes ».

Le même auteur propose d'appeler « mue imaginale » cette mue remarquable qui correspond à la maturité sexuelle. En 1935, il a publié le résultat d'études analogues, mais plus poussées sur *Maïa squinado,* à propos de la croissance des appendices et de l'abdomen. Il a été amené à assurer à nouveau la validité des notions de dysharmonie, à préciser, après HUXLEY d'ailleurs, la notion de gradient de croissance et enfin à définir la notion « d'étapes de croissance ». Il nous paraît intéressant de rechercher dans quelle mesure les phénomènes révélés à propos de *Macropodia rostrata* peuvent s'étendre à *Mantis religiosa.* Le présent chapitre sera consacré à l'étude de l'abdomen. Bien que cette étude concerne plus spécialement les femelles, il nous paraît bon de citer, à titre de comparaison, les caractéristiques de la croissance de l'abdomen des mâles.

Nous avons mesuré la longueur et la largeur de cet organe. Il s'agit de la largeur prise toujours au même endroit, exactement entre le 4^{me} et le 5^{me} anneau.

Les courbes de la figure 15 vont nous permettre d'énoncer les lois qui régissent la croissance de l'abdomen. Les courbes *L* représentent la variation de la longueur de l'abdomen en fonction de celle du pronotum. On remarquera qu'elles sont rigoureusement parallèles. En réalité, elles étaient confondues et nous avons procédé intentionnellement à ce décalage pour la clarté de l'épure. Dès à présent, on peut en déduire que l'*allongement* de l'abdomen se fait aussi vite chez le mâle que chez la femelle. Non seulement la constante d'équilibre α est identique, mais encore l'indice-origine est le même dans les deux cas. Les courbes *l* représentent la variation de la largeur de l'abdomen en fonction de la longueur du pronotum.

a) Le mâle

Voici tout d'abord quelques-unes des mensurations qui nous ont permis la construction précédente. Depuis le début nous jugeons utile d'en signaler quelques-unes pour chaque graphique. Il serait difficile et pratiquement impossible de les signaler toutes. De plus, une suite de chiffres ferait double emploi avec une courbe :

Pronotum	6	7,5	11,3	13	15 mm.
Longueurs abdomen ..	12,5	15	20,3	23	26 mm.
Largeurs abdomen	2,6	3	4,2	4,2	4,2 mm.

La longueur et la largeur croissent selon la loi de dysharmonie

$$y = K\,x^{\alpha}$$

La longueur croît moins vite que le pronotum et par conséquent que le corps. En effet, la constante d'équilibre étant égale à 0,8, nous nous trouvons en présence d'une dysharmonie minorante par rapport au pronotum.

La largeur présente dans sa variation un point remarquable que nous désignerons par P_1, puisqu'il correspond à un pronotum de 11 m/m 3 de long. Tant que le pronotum a une longueur inférieure à cette taille, la largeur de l'abdomen du mâle croît selon une dysharmonie minorante très voisine de celle présentée par l'allongement de cet organe. En effet, $\alpha = 0{,}7$. Mais à partir du point P_1, c'est-à-dire avant même que l'individu soit adulte, la largeur demeure constante et égale à 4 m/m 2. Alors que la croissance générale du corps, et même l'allongement de l'abdomen, ne sont pas terminés, celle de la largeur de l'abdomen est achevée. Le fait, pourtant important, que l'animal devient adulte (pronotum de 13 m/m de longueur) ne change rien au phénomène.

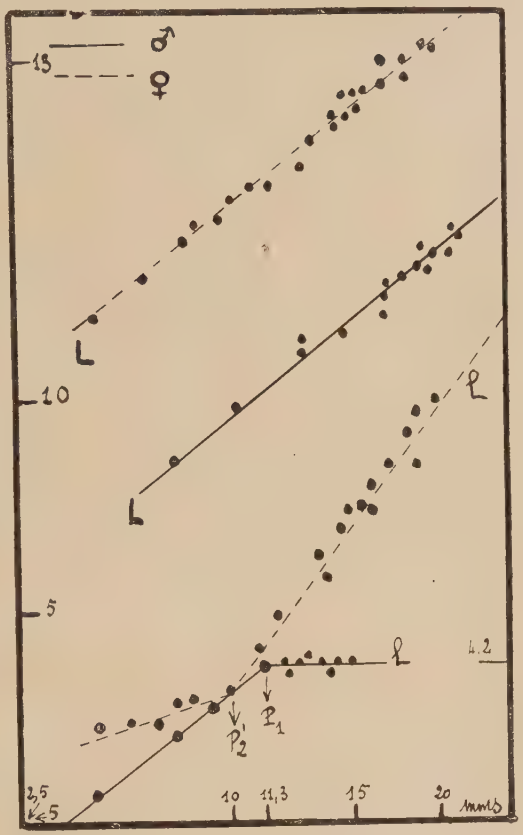


FIGURE 15. — Etude de la variation de la longueur (L) et de la largeur (l) de l'abdomen en fonction de la longueur du pronotum. Coordonnées logarithmiques.

Mantis religiosa ♂ : ————
Mantis religiosa ♀ : - - - - - - - - - -

b) La femelle

Voici, comme pour le mâle, quelques résultats de nos mensurations :

Pronotum	7	10	13	15	18 mm.
Longueurs abdomen ..	14	18,5	23	26	30 mm.
Largeurs abdomen ...	2,9	3,8	5,5	6,8	8,6 mm.

La croissance de la longueur se fait exactement comme chez le mâle, c'est-à-dire avec dysharmonie minorante par rapport au pronotum.

$$y = K\,x^{\alpha} \quad \text{avec} \quad \alpha = 0{,}8$$

La variation de la largeur ne se fait pas selon une, mais deux lois de dysharmonie bien différentes. Lorsque le pronotum a moins de 10 m/m de long, la croissance se fait bien plus lentement que celle du corps. Nous avons affaire à une dysharmonie minorante. Mais lorsque le pronotum a plus de 10 m/m de long, la croissance de la largeur se fait avec dysharmonie majorante par rapport au corps. La constante d'équilibre qui était égale à 0,3 avant le point P'_2 devient égale à 1,3 une fois ce point franchi, c'est-à-dire que la croissance de l'abdomen en largeur se fait plus de quatre fois plus vite chez des individus ayant un pronotum de plus de 10 m/m de long que chez les autres. C'est la période préparatoire à la ponte.

c) Conclusions

Nous sommes maintenant en mesure de voir clairement les différences entre le mâle et la femelle (Fig. 15). La croissance en longueur de l'abdomen se fait de la même façon chez l'un comme chez l'autre. La croissance en largeur partage l'évolution des individus en deux parties : la première correspondant à des jeunes peu évolués, la deuxième correspondant à des jeunes plus évolués et à des adultes. Le fait que l'animal devient adulte ne change rien au phénomène ; c'est-à-dire que l'évolution de l'abdomen n'est sous la dépendance ni de la dernière, ni même de l'avant-dernière mue. Cela d'ailleurs s'applique aussi bien au mâle qu'à la femelle. Et on peut en déduire qu'ils sont sexuellement fonctionnels avant l'état adulte.

Ces résultats doivent être comparés avec ceux que TEISSIER obtenait à propos de *Macropodia rostrata*. TEISSIER obtenait deux

segments de courbes séparés par une importante discontinuité, le premier correspondant à des « adolescents », le second à des « adultes ». Ici, il n'y a pas discontinuité. Le raccord entre les deux se fait parfaitement au point P'_2 chez la femelle et au point de P_1 chez le mâle.

Il y a d'ailleurs une autre différence : tandis que TEISSIER distinguait, d'une part, les mâles faibles et les adolescentes et, d'autre part, les mâles forts et les femelles adultes, ici, on voit la période des jeunes scindée en deux parties : la deuxième partie comprenant des jeunes relativement très évolués s'alignant avec des adultes.

A partir du point P'_2, la femelle prépare la ponte ; à partir du point P_1 le mâle a terminé la croissance en largeur de son abdomen. Autrement dit : à une croissance de la largeur de l'abdomen plus rapide que jamais chez la femelle correspond un arrêt chez le mâle. Ce double phénomène, qui n'a rien de paradoxal biologiquement, devient ainsi caractéristique du sexe.

Il est, du reste, remarquable de constater que les mantes femelles au stade P'_2 n'ont encore que des œufs assez petits, et que cela dure assez longtemps ; la distension de l'abdomen est due ou coïncide avec un grand développement du corps adipeux, de telle sorte que l'élargissement n'est pas dû à l'ovaire en développement. Au contraire, nous assistons là à des préparatifs nécessaires pour le contenir quand il se développera. Ainsi vérifie-t-on ici la parole de CUENOT : « L'ontogénie préparante du futur ».

VIII. — LA PATTE RAVISSEUSE

Le cou flexible, la « physionomie », le regard qui *suit* l'objet sont déjà assez exceptionnels chez la *Mante religiosa* pour qu'on s'arrête longuement à l'étude de pareil insecte. N'oublions pas qu'elle est « le tigre des populations entomologiques, l'ogre en embuscade qui prélève tribu de chair fraîche ». Son arme redoutable, sa patte ravisseuse, est une paire de cisailles aussi puissante, toutes choses égales d'ailleurs, que la carnassière du chat. Après la tête avec sa physionomie, l'œil et ses mouvements, l'antenne, siège de l'odorat et de l'orientation, les ailes au si brusque développement et l'abdomen si important chez la femelle, l'étude pour être complète devait faire mention de cette patte, tellement caractéristique qu'elle a servi à nommer une espèce de Crustacés.

Nous allons donc en étudier la croissance. Fabre, qui n'a jamais fait de biométrie et qui d'ailleurs ne daignerait pas en faire aujourd'hui, nous donne cependant une indication sur le début de l'évolution des pattes en général chez *Mantis religiosa*. Il dit : « En somme, *exception faite des pattes très apparentes*, le tout avec sa grosse tête obtuse, ses yeux, sa fine segmentation, sa forme naviculaire rappelle un peu l'état initial des cigales au sortir de l'œuf ». Ceci semble donc indiquer une précocité relative des pattes en général. On peut affirmer, a priori, qu'en particulier, pour la patte ravisseuse, il en est ainsi. C'est, en effet, un organe vital sans lequel la chasse et la procréation ne se feraient pas.

On ne peut pas parler de *longueur* de la patte ravisseuse. Il est, en effet, impossible de la placer dans une position rigoureusement rectiligne. Nous avons donc été amenés à mesurer chacune des quatre parties constituant la patte : hanche, fémur, tibia, tarse. Nos premières recherches ont montré que le tarse ne présentait aucun intérêt. Nous nous bornerons donc à exposer les résultats relatifs à la hanche, au fémur, au tibia. A priori, on peut dire que la croissance de la patte ravisseuse dépend de ces trois principales parties. Pour le mâle, comme pour la femelle, nous avons représenté (Fig. 16) la variation de la longueur de chacune des trois principales parties en fonction de celle du pronotum. Pour le mâle, il faut lire l'axe des ordonnées à gauche et pour la femelle, il faut considérer celui de droite.

a) Le mâle

Les courbes ont été construites après de nombreuses mensurations. Nous en citerons quelques-unes :

Pronotum	7,5	11,3	13	14	15 mm.
Hanche	5,3	8,4	10	11	12 mm.
Fémur	8,4	10,7	11,7	12,3	15 mm.
Tibia	3,2	3,6	4,7	5,5	6,2 mm.

On voit que le fémur est toujours plus long que la hanche qui, elle-même, est toujours plus longue que le tibia. Cette importance dans les tailles ne se trouve d'ailleurs pas exactement dans la croissance, comme le montrent les graphiques de la figure 16.

La hanche a une croissance dysharmonique majorante par rapport au pronotum. Au cours de toute l'évolution de l'animal, sa croissance est, en effet, plus rapide que celle du pronotum, la constante d'équilibre étant égal à 1,2.

Le tibia a tout d'abord une croissance très lente ($\alpha = 0{,}3$), mais

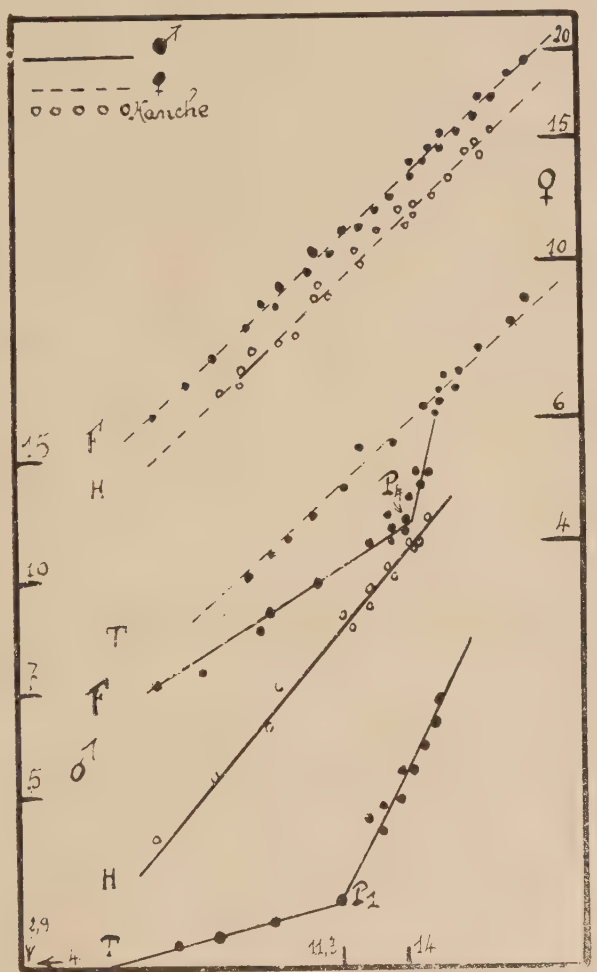


FIGURE 16. — Croissance des différentes parties de la patte ravisseuse en fonction de la longueur du pronotum. Coordonnées logarithmiques. H) Hanche ; F) Fémur ; T) Tibia.
Mantis religiosa ♂ ——— axe des ordonnées à gauche.
Mantis religiosa ♀ ------ axe des ordonnées à droite.

quand l'animal atteint une taille correspondant à un pronotum de 11 m/m 3 de long, elle devient beaucoup plus rapide, exactement sept fois plus rapide (α = 2,1). C'est donc au point P_1 que se raccordent les deux tronçons de courbe représentatifs de la variation.

Le fémur, comme le tibia, présente d'abord une croissance lente (α = 0,6) jusqu'à ce que le pronotum atteigne 14 m/m de long. A partir de ce moment-là, la croissance devient plus rapide. α passe, en effet, de la valeur 0,6 à la valeur 4. Nous désignerons par P_4 le point où se raccordent les deux tronçons de courbe. Remarquons que ce point se situe chez les adultes ; il peut donc être considéré comme l'homologue du point P'_4 de la femelle. Enfin, il faut noter que si la croissance du tibia devient sept fois plus rapide après le point P_1, celle du fémur devient environ six fois et demi plus rapide après le point P_4.

En définitive donc, le fémur croît plus vite que le tibia qui, lui-même, croît plus vite que la hanche. Nous déduisons immédiatement de cette étude que le tibia et le fémur sont les deux parties les plus importantes de la patte ravisseuse de *Mantis religiosa* ♂. Cela s'explique d'ailleurs, car à elles deux, elles constituent la « cisaille » proprement dite dont nous parlions au début.

b) La femelle

Pronotum	9	10	13	15	18 mm.
Hanche	7,6	8,3	10,5	12	14,5 mm.
Fémur	8,6	9,5	12,2	13,8	16,5 mm.
Tibia	3,9	4,3	5,5	6,2	7,2 mm.

Comme chez le mâle, le fémur est toujours plus long que la hanche qui, elle-même, est plus longue que le tibia. A l'inverse du mâle, hanche, fémur et tibia sont caractérisés par une croissance dysharmonique légèrement minorante par rapport au pronotum. Les droites H, F, T de la femelle (Fig. 16) sont parallèles. Leur pente est égale à 0,9. Ici, il n'y a pas de point remarquable.

c) Conclusions

L'étude de la croissance de la patte ravisseuse de *Mantis religiosa* ♂ nous confirme l'importance du point P_1 (pronotum = 11 m/m 3) et nous révèle l'importance du point P_4 (pronotum = 14 m/m). Le point P_1 se place parmi les jeunes, tandis que le point P_4 se place

parmi les adultes. Dans la dernière époque de l'évolution, on voit que la croissance des différentes parties de la patte est notablement plus importante et plus rapide chez le mâle que chez la femelle. On a pu penser d'abord qu'il s'agissait d'un caractère un peu particulier relatif à la chasse et à la nourriture. A la réflexion, il s'agit plutôt d'un caractère sexuel. On ne peut, en effet, parler de la voracité du mâle « qui se contente de peu » et qui, très souvent, est lui-même dévoré par la femelle.

Enfin, quoiqu'il soit bien difficile d'évaluer rigoureusement la longueur de la patte ravisseuse, nous avons essayé de le faire en la disposant le plus rectilignement possible. Son rapport avec la longueur du pronotum est constant, égal à 2,5 pour le mâle et à 2,6 pour la femelle. Ces chiffres sont le résultat de plusieurs centaines de mensurations. La longueur de la patte est donc relativement plus grande chez la femelle que chez le mâle.

En outre, le fait que la femelle, beaucoup plus vorace, ne présente rien de particulier dans la croissance de ses pattes ravisseuses, incline à nous faire admettre que les croissances dysharmoniques du tibia et du fémur du mâle doivent être considérées comme des caractères sexuels secondaires d'ordre biométrique.

FIGURE 17. — *Mantis religiosa* : La patte ravisseuse

IX. — RESUME ET CONCLUSIONS RELATIFS A MANTIS RELIGIOSA

Nous en avons fini avec l'étude de la croissance chez *Mantis religiosa*. Chaque chapitre s'est terminé par une conclusion partielle où mâle et femelle se trouvaient comparés. Les diverses croissances étudiées ont été accompagnées d'une description des faits relativement très précise, cela grâce aux notions de dysharmonie et de discontinuité. La loi générale :

$$y = K x^{\alpha}$$

a été appliquée avec succès dans de nombreux cas. On a vu que les paramètres K et α sont, non seulement variables avec le sexe et l'organe considéré, mais peuvent encore varier dans le cours de l'évolution d'un même organe, toutes choses égales d'ailleurs.

Il nous paraît utile de résumer ici les diverses conclusions partielles qui s'échelonnent au cours des chapitres précédents de façon à pouvoir donner une interprétation d'ensemble des résultats biométriques. Nous les grouperons en trois parties : les organes des sens, les organes thoraciques (pattes, élytres, ailes), enfin l'abdomen.

Les organes des sens

L'importance relative de la croissance des organes des sens est modifiée profondément chez le mâle *avant* que l'animal atteigne l'état adulte. Le moment critique correspondant à cette modification se place dans la période « jeune » de l'évolution et nous permet de penser à deux catégories de jeunes, les uns plus évolués que les autres. Le gradient de croissance observé à l'origine présente une variation dans la disposition relative de ses termes. Pour le moment on peut distinguer les jeunes moins évolués des autres par le fait que la croissance de l'œil est plus rapide que celle de l'antenne. Chez les jeunes plus évolués, c'est le contraire qui a lieu.

Chez la femelle, les faits ne sont pas aussi simples. Nous observons non plus un moment critique chez les jeunes, mais deux dont un plus important que l'autre ; de plus, on assiste à une modification dans l'importance relative de la croissance des organes des sens chez les adultes. En considérant les choses d'un peu plus haut, sans s'embarrasser de détails secondaires, il nous faut tout de même distinguer deux périodes différentes chez les jeunes et

deux périodes différentes chez les adultes. Ces quatre périodes se réduisant à trois dans l'étude présente, puisque la deuxième période des jeunes s'aligne avec la première des adultes.

L'efficacité d'un organe sensoriel est proportionnelle à sa surface, puisqu'elle dépend du nombre des terminaisons sensorielles. Nous avons évalué la surface de l'œil ; pour l'antenne, on peut admettre qu'elle est proportionnelle au produit du nombre d'articles par la surface moyenne d'un article.

Pour *Mantis religiosa* ♂, les rapports de ces deux surfaces pour chacun des points remarquables sont :

Pronotum	7,5	11,3	13	mm.
$\frac{\text{Surface antenne}}{\text{Surface œil}}$ =	0,13	0,15	0,31	mm.

On voit que la surface de l'œil diminue par rapport à celle de l'antenne au fur et à mesure que l'animal grandit. Nous avions d'ailleurs établi ce fait par des considérations de gradient ou encore de vitesse relative dans la croissance en disant qu'une suprématie de l'antenne s'affirme de plus en plus au cours de l'évolution de l'animal.

De la même façon, on a vu que chez *Mantis religiosa* ♀, il y a, en définitive, une prépondérance de l'organe de la vision. A ce propos, il faut remarquer que la quantité de lumière reçue dépend uniquement de la surface de l'œil, tandis que l'acuité visuelle dépend du nombre de terminaisons sensorielles. Donc, la fusion des facettes à surface égale, diminue l'acuité, la précision des images. Inversement, la multiplication des facettes avec augmentation corrélative de la surface totale n'augmente pas la précision des images, mais réalise un organe plus sensible à une lumière faible.

Les organes thoraciques

Nous groupons sous ce nom les élytres, les ailes, les pattes et plus spécialement la patte ravisseuse.

Chez le mâle, l'étude des organes du vol nous confirme la séparation faite à propos des organes des sens, de la période « jeune » en deux époques. Chez les jeunes moins évolués, élytre et aile ont une croissance également rapide ou, si l'on veut, isométrique. Ce n'est qu'à partir des jeunes très évolués que leurs croissances diffèrent, celle de l'élytre étant plus rapide que celle de l'aile.

TABLEAU

Différentes valeurs du paramètre α (pour les diver

MALE (longueurs du pronotum)	7,5	
Distance interoculaire a′	0,9	0,9
Longeur de la tête b	0,7	0,7
Surface de l'œil	0 ◆	2
Surface de la facette	1,8	1,8
Longueur de l'antenne	0,1	0,1
Longueur de l'élytre	1	1
Longueur de l'aile	1	1
Longueur de l'abdomen	0,8	0,8
Largeur de l'abdomen	0,7	0,7
Longueur de la hanche	1,2	1,2
Longueur du fémur	0,6	0,6
Longueur du tibia	0,3	0,3

FEMELLE (longueurs du pronotum)	9	10
Distance interoculaire a′	0,8 ◆	1,05
Longueur de la tête b	0,8	0,8
Surface de l'œil	0	0 ◆
Surface de la facette	3,2	3,2
Longueur de l'antenne	0 ◆	1,2
Longueur de l'élytre	1	1
Longueur de l'aile	2	2
Longueur de l'abdomen	0,8	0,8
Largeur de l'abdomen	0,3	0,3 ◆
Longueur de la hanche	0,9	0,9
Longueur du fémur	0,9	0,9
Longueur du tibia	0,9	0,9

X I I

ganes étudiés) au cours des époques de croissance

| | | |

De même, chez les jeunes moins évolués, la croissance du tibia est sept fois moins rapide que chez les autres. Enfin, le fémur présente une dysharmonie de taille six fois et demie plus rapide chez les adultes ayant plus de 5 cms 6 de long que chez les autres (adultes ou jeunes).

L'étude des organes thoraciques chez le mâle confirme donc ce que nous savions déjà quant aux époques de croissance chez les jeunes et nous permet de distinguer deux époques chez les adultes.

Chez la femelle, l'étude de la patte ravisseuse ne décèle rien de remarquable. Par contre, l'élytre et l'aile voient leur croissance devenir beaucoup plus rapide au cours de l'évolution du jeune lorsque le corps atteint 44 m/m de long. Le fait que l'animal devient adulte change évidemment la valeur des paramètres. Mais on observe, en outre, un nouveau changement au cours de l'évolution de l'adulte. En effet, lorsque l'adulte atteint 60 m/m de long, la constante d'équilibre de l'aile devient quatre fois plus grande que précédemment.

L'abdomen

Aussi bien chez le mâle que chez la femelle, l'abdomen nous apporte confirmation de certaines époques dans l'évolution de l'animal, et nous permet avec plus d'assurance encore de parler de moments critiques dans l'organisation des individus.

Un tableau, où sont groupées les différentes valeurs de α pour chaque organe considéré, constitue un résumé de tout ce travail. Un commentaire approprié nous permettra définitivement d'en tirer des conclusions générales. Les points remarquables seront désignés dorénavant par la taille correspondante du pronotum.

Le tableau XII (pp. 82, 83) met en évidence l'existence de cinq époques de croissance chez le mâle et de six chez la femelle. Les changements de valeurs des paramètres permettent de dire que la croissance d'un organe se fait selon une ou plusieurs lois de dysharmonie. C'est ainsi que nous observons pour les organes étudiés un ensemble de onze changements aussi bien chez le mâle que chez la femelle. Nous allons rappeler sommairement les principaux phénomènes qui caractérisent chaque époque. Il est bon de souligner à nouveau ici que la croissance est étudiée par rapport au pronotum, parce que sa longueur est rigoureusement mesurable et parce qu'elle est dans un rapport simple avec celle du corps.

Le mâle

Première époque :

Le pronotum a une longueur inférieure à 7 m/m 5. La dimension des facettes augmente, tandis que l'œil reste constant. Il y a diminution du nombre des facettes par fusion. La tête croît moins vite que le corps. Il en est de même pour l'antenne qui, de plus, croît moins vite que la tête. On se trouve donc en présence d'un gradient de croissance (tête, antenne, œil).

L'élytre et l'aile ont une croissance harmonique ou isométrique par rapport au pronotum. L'abdomen, de dimensions relativement petites, croît lentement en longueur et en largeur. Il faut d'ailleurs remarquer que si sa longueur et sa largeur croissent moins vite que le pronotum, elles croissent cependant à très peu près aussi vite l'une que l'autre. Enfin, la patte ravisseuse est caractérisée ici par un gradient de croissance liant ses trois principales parties : la hanche croît plus vite que le fémur qui, lui-même, croît plus vite que le tibia.

Telles sont, brossées à grands traits, les caractéristiques biométriques de cette première époque de croissance. Nous allons voir quelles variations elles vont subir au cours des époques suivantes.

Deuxième époque :

Le pronotum a une longueur comprise entre

7 m/m 5 et 11 m/m 3.

L'œil croît en surface deux fois plus vite que le pronotum ; cette croissance est caractérisée par un début de multiplication des facettes ; en effet, la surface des facettes croît plus lentement que celle de l'œil, mais croît tout de même. Cela va durer jusqu'à ce que l'animal devienne adulte.

Tous les autres organes conservent au cours de cette époque la même allure de croissance que précédemment.

Troisième époque :

Le pronotum a une longueur comprise entre

11 m/m 3 et 13 m/m.

C'est l'époque qu'on pourrait qualifier de pré-adulte. De nombreux changements se produisent ici.

La longueur de la tête croît non seulement plus vite qu'au cours des deux premières époques, mais plus vite que le pronotum.

L'allongement de l'antenne devient 80 fois plus rapide. Tandis que la croissance de l'élytre présente une vitesse deux fois plus grande, celle de l'aile se ralentit et devient plus de deux fois plus lente.

La largeur de l'abdomen atteint une taille qui ne variera plus. Sa croissance est donc terminée.

Enfin, dorénavant, la longueur du tibia va s'accroître sept fois plus vite que précédemment.

Notons l'importance de la croissance de l'antenne. Elle est bien plus rapide que celles du pronotum et de tous les autres organes. Autre fait remarquable : les croissances de l'œil, de l'élytre et du tibia se font très sensiblement à la même vitesse qui est plus grande que celle de la croissance du pronotum, c'est-à-dire du corps en définitive.

Quatrième et cinquième époques :

L'animal est adulte. Il le devient quand la longueur du pronotum atteint 13 m/m. Ce point est caractérisé par les faits biologiques suivants : fin de la croissance des facettes, puisque l'œil continue de croître ; dysharmonies de taille différentes de l'élytre et de l'aile.

La croissance générale est pratiquement terminée. Toutefois, lorsque le pronotum atteint 14 m/m de long, la croissance du fémur devient six fois et demie plus rapide que précédemment. A vrai dire, il s'agit bien plus ici d'une dysharmonie de taille que d'une dysharmonie de croissance.

La femelle

Première époque :

Le pronotum a une longueur inférieure à 9 m/m. La surface de l'œil est constante, tandis que celle des facettes croît. Comme chez le mâle, il y a donc fusion des facettes. L'allongement de l'antenne est nul.

Par contre, celui de l'aile est deux fois plus rapide que ceux de l'élytre et du pronotum. Les croissances de la patte ravisseuse et de l'abdomen sont plus lentes que celle du corps.

A part les organes du vol, cette époque de croissance marque bien un début lent. Dans l'ensemble, on peut dire que le départ est moins vif que chez le mâle.

DEUXIÈME ÉPOQUE :

Le pronotum a une longueur comprise entre

9 m/m et 10 m/m.

Cette deuxième époque, de durée relativement courte, est caractérisée par deux petits faits :

La distance interoculaire ventrale qui croissait plus lentement que le corps présente maintenant une croissance isométrique avec celui-ci ;

L'allongement de l'antenne est commencé. Il se fait plus rapidement que celui du corps. Tous les autres organes conservent la même allure dans leur croissance.

TROISIÈME ÉPOQUE :

Le pronotum a une longueur comprise entre

10 m/m et 13 m/m.

La surface de l'œil n'est plus constante. Elle croît même plus vite que le pronotum. La fusion des facettes se poursuit, mais moins activement qu'au cours des époques précédentes. La longueur de l'abdomen présente toujours la même croissance, tandis que celle de la largeur se fait plus de quatre fois plus vite que précédemment.

Quant aux principales parties de la patte ravisseuse, elles croissent toujours plus lentement que le corps. Leur croissance restera d'ailleurs soumise à la même loi jusqu'à la fin de l'évolution de l'animal.

QUATRIÈME ÉPOQUE :

Le pronotum a une longueur comprise entre

13 m/m et 15 m/m.

La croissance de la facette étant terminée, il y a maintenant, et jusqu'à la fin de l'évolution, croissance de l'œil par multiplication des facettes.

Les croissances de l'élytre et de l'aile deviennent plus rapides, et cela de telle sorte que l'élytre et l'aile croissent aussi vite l'une que l'autre.

Remarquons qu'à ce moment-là (pronotum de 13 m/m de long), la croissance du mâle était terminée. Ici, chez la femelle, il n'en

est rien ; c'est ce qui nous a amené à parler de précocité à propos du mâle.

Cinquième et sixième époques :

L'animal est adulte. Il le devient quand le pronotum atteint 15 m/m de long. Ce point est caractérisé par le fait que nous observons maintenant non plus des dysharmonies de croissance, mais des dysharmonies de taille. Les valeurs du paramètre α varient. Pour l'élytre, α diminue dans la proportion de 2 à 1, pour l'aile il est voisin de zéro. Ceci n'est d'ailleurs que provisoire. En effet, après le point 18, l'aile « rattrape » en quelque sorte l'élytre, si bien qu'au cours de la sixième époque, on note une isométrie entre aile et élytre. Ce nouveau point 18 est, de plus, caractérisé par une augmentation de la valeur du paramètre α pour l'antenne, augmentation notable de l'ordre du simple au double.

Conclusions

En première analyse, nous dirons avec G. Teissier : « la mue qui, dans certains cas, peut se produire chez les insectes ayant cessé de croître, règle cependant la croissance normale de ces animaux ». Les variations de α démontrent, en outre, amplement qu'un animal plus âgé n'est pas simplement l'agrandissement d'un autre moins évolué.

Un examen rapide du tableau XII nous montre que chez le mâle, la majorité des changements se fait au point 11,3 qui correspond à une véritable révolution dans l'organisation de l'animal. C'est cette taille remarquable entre toutes qui doit permettre, selon nous, de séparer les jeunes faibles des jeunes forts. Chez les adultes, on devra considérer qu'il existe des individus, ayant des pattes ravisseuses plus évoluées, qu'on peut qualifier d'adultes « supérieurs » et qui se placent après le point 14. En définitive, les cinq époques de l'évolution du mâle peuvent être ainsi dénommées : très jeunes, jeunes faibles, jeunes forts, adultes, adultes supérieurs.

Pour la femelle, nous n'avons pas un point homologue du point 11,3 comme importance biométrique. Les changements de paramètres, quoique aussi nombreux que chez le mâle, se font au cours d'une durée plus grande. Chez les adultes nous distinguons également une catégorie d'individus « supérieurs », mais les « jeunes » présentent quatre époques de croissance. Les deux premiè-

res correspondent manifestement à des individus que nous avons qualifié de « très jeunes » à propos des mâles. Les deux autres sont homologues de la période « Jeune fort » et de la période « Jeune faible ». Au point de vue sexuel, nous dirons donc que le point 13 de la femelle est homologue du point 11,3 du mâle.

Les diverses étapes de croissance sont séparées par des moments critiques se traduisant par la présence sur les graphiques de points anguleux ou de discontinuités. La plupart des organes étudiés peuvent être considérés comme des variants sexuels. Leur développement, qui atteint son apogée lors de la maturation génitale, dépend évidemment de facteurs humoraux. Mais, même lorsqu'il ne s'agit pas de variants sexuels, on peut admettre que ces moments critiques sont la résultante de changements plus ou moins importants « dans l'équilibre des divers constituants de l'organisme ». Nous dirons donc, avec G. Teissier, que « ces points critiques correspondent assez fréquemment à des modifications dans le jeu des corrélations humorales ».

Enfin, une dernière remarque s'impose : les valeurs de α sont, dans la majorité des cas, plus grandes à propos du mâle que de la femelle. La croissance du mâle peut se décrire ainsi : un départ assez vif, avec des modifications relativement importantes se produisant, à très peu près, toutes au même instant, révolutionnant l'individu et lui donnant presque d'un coup son état définitif. Il n'en va pas de même pour la femelle, où on observe un départ lent, avec des modifications peu importantes, s'échelonnant tout au cours de l'évolution de l'individu et l'amenant par degrés secondaires à son état définitif.

Il est impossible, après cela, de ne pas parler de virilité et de ne pas voir dans la plupart des caractères biométriques une influence sexuelle. D'une façon très générale, nous dirons ici que la croissance se fait plus activement chez le mâle que chez la femelle.

X. — REMARQUES SUR LA PHASE ADULTE ET LA MUE IMAGINALE

Nous avons reculé jusqu'à la fin de l'étude de la Mante pour attirer l'attention sur un particularité qui, selon nous, présente une certaine importance.

On a vu que les courbes de croissance se prolongent jusque dans l'âge adulte qui, cependant, doit correspondre à une taille définitive à la métamorphose. Il faut s'entendre. Les individus adultes ne sont naturellement pas tous de même taille ; il y a une fluctuation de la taille générale, comme chez tous les animaux. Avec les mesures relevées sur les adultes, on peut dresser une courbe qui se raccorde parfaitement aux courbes de croissance précédant la dernière mue. D'après TEISSIER, c'est une courbe de dysharmonie de taille.

A vrai dire, on a le choix entre deux hypothèses : ou bien il s'agit réellement d'individus tous identiques au point de vue embryogénique, tous également *achevés,* mais de tailles différentes. Le plus souvent, les mesures mettent en évidence un α qui est toujours le même pour tous les individus, quelle que soit leur taille. On peut donc raisonnablement supposer qu'il s'agit d'individus tous morphologiquement identiques, mais de taille différente.

Cependant, il n'en est pas toujours ainsi. Dans le cas du fémur de *Mantis religiosa* ♂, les adultes de 13 m/m à 14 m/m de pronotum montrent un α de 0,6 ; cet exposant passe à 4 pour les individus au-dessus de 14, et cette variation est trop grande pour être un simple accident.

De même chez la femelle, à propos de la longueur de l'antenne : l'exposant α est égal à 1,2 pour les pronotums de 15 m/m à 18 m/m, et passe à 2,4 au-dessus de 18. La longueur de l'aile pour les mêmes périodes donne $\alpha = 0{,}3$, puis 1,2. Et ceci est d'autant plus remarquable que $\alpha = 0{,}3$ succède à $\alpha = 2{,}6$ mesurable entre 13 m/m et 15 m/m de pronotum.

Or, si nous admettons que l'adulte ne mue plus, que par conséquent l'état constaté à l'éclosion est le résultat du travail de croissance effectué pendant l'intermue précédente, *il faudra bien admettre aussi que ce changement de α date de l'intermue qui précède la mue imaginale ; et, en conséquence, que les plus grands adultes sont éclos à un degré de différenciation plus avancé que les adultes*

d'une moindre taille. Et nous conclurons comme corollaire que l'époque de la mue nymphale est susceptible d'une *fluctuation* plus ou moins étendue. Il y a chez les Insectes, comme dans l'espèce humaine, des prématurés et des retardés. Au reste, n'est-ce pas le résultat des expériences de WIGGLESWORTH et de BOUNHIOL ? L'un et l'autre ont obtenu des métamorphoses anticipées, si précoces qu'on peut vraiment se demander si l'organisme avait réellement acquis sa structure définitive normale ; WIGGLESWORTH, de son côté, a provoqué artificiellement une mue nymphale à la place d'une mue imaginale. A supposer que l'animal ainsi traité puisse continuer à vivre et à se métamorphoser, ce serait un retardé.

Certes, cette notion de fluctuation de l'époque des mues, et surtout de la dernière, ne nous est pas familière, mais elle n'a rien d'extraordinaire. Nous pouvons attendre de l'expérience une vraisemblale confirmation.

B) ACRIDA TURRITA L.

I. — PREAMBULE

Après la Mante, nous étudions « le bizarre Truxale coiffé d'une mitre en pyramide ». Ici nous pouvons, dès le début, distinguer par la simple observation plusieurs époques de croissance. Nous avons évidemment les jeunes et les adultes bien faciles à séparer. Mais, parmi les jeunes, nous pouvons mettre une séparation déterminée par la disposition des ailes. Autrement dit, et cela aussi bien chez le mâle que chez la femelle, nous observons deux catégories de jeunes. Nous convenons d'appeler dès à présent « très jeunes » ceux qui sont les moins évolués, réservant la dénomination de « jeunes » aux plus évolués.

Comment les distinguer morphologiquement ? Chez ceux que nous convenons d'appeler les « très jeunes », les ailes, de dimensions presque toujours égales ou infiniment peu différentes, sont soudées deux à deux dans le sens transversal, disposées à plat sur les derniers segments thoraciques et alignées dans le sens antéro-postérieur (Fig. 12, d'après Chopard). Chez les jeunes, les ailes ne sont plus soudées et ne sont plus alignées. Elles se recouvrent partiellement et rappellent davantage la position et la forme qu'elles auront chez l'adulte, tout en ayant des dimensions encore relativement petites. (Voir Fig. 12, d'après Chopard). Donc, dès à présent, nous nous trouvons en présence de trois époques morphologiquement définies : les très jeunes, les jeunes, les adultes.

Comme pour la Mante, toutes les courbes seront construites en prenant le pronotum comme référence, cela pour des raisons déjà indiquées dans la première partie de ce travail.

TABLEAU XIII

♂ CORSE						♂ PROVENCE	
Corps	Pronotum	Corps	Pronotum	Corps	Pronotum	Corps	Pronotum
2 cms	0,2 cm.	2,7	0,3	3,5	0,55	3,55	0,4
2,1	0,21	2,78	0,32	3,5	0,55	3,7	0,57
2,2	0,2	2,8	0,28	3,8	0,55	3,8	0,6
2,28	0,24	2,9	0,35	3,85	0,5	3,85	0,5
2,35	0,29	2,95	0,32	3,9	0,48	3,85	0,58
2,5	0,22	3	0,3	3,95	0,48	3,88	0,52
2,6	0,22	3,3	0,39	3,95	0,55	3,9	0,5
2,65	0,3	3,4	0,5	4	0,5	4	0,55
						4	0,55

♀ CORSE						♀ PROVENCE			
Corps	Pronotum	Corps	Pronotum	Corps	Pronotum	Corps	Pronotum	Corps	Pronotum
1,6 cm.	0,15 cm.	3,55	0,35	5,8	0,85	4,1	0,5	5,2	0,8
1,8	0,22	3,7	0,37	5,9	0,80	4,2	0,5	5,2	0,8
2,2	0,2	4,15	0,48	6	0,87	4,25	0,55	5,2	0,75
2,3	0,25	4,25	0,5	6	0,85	4,5	0,55	5,3	0,85
2,4	0,25	4,5	0,52	6,1	0,9	4,7	0,6	5,3	0,75
2,7	0,32	5,2	0,7	6,2	0,9	4,89	0,7	5,3	0,85
2,75	0,3	5,5	0,8	6,2	0,87	5,05	0,78	5,4	0,75
2,8	0,3	5,55	0,85			5,1	0,72	5,45	0,85
3	0,35	5,55	0,85			5,1	0,65	5,5	0,75
3	0,38	5,58	0,87			5,15	0,7	5,6	0,9
3,14	0,35	5,6	0,78			5,15	0,72	5,6	0,75
3,25	0,34	5,6	0,8			5,17	0,75	5,7	0,9
3,25	0,32	5,7	0,9			5,2	0,88	5,7	0,8

Nous avons pu disposer d'un grand nombre de *Truxales* d'origine provençale et d'origine corse. Nous avons eu soin de les séparer et de construire pour chaque origine une courbe qui n'est pas toujours la même dans les deux cas.

Une première remarque est à placer ici. Les insectes récoltés en Corse sont tels que nous avons tous les degrés de l'évolution depuis des animaux n'ayant que 16 $^{m}/_{m}$ jusqu'aux adultes de grande taille. Autrement dit, nous avons pu avoir un grand nombre de très jeunes, de jeunes et d'adultes. En Provence, nous n'avons pu ramasser que des jeunes et des adultes. Le premier tronçon de nos courbes relatives à cette origine sera absent. C'est pourquoi nous avons hésité à en faire état dans ce travail et avons pensé tout d'abord à n'exposer que les résultats relatifs aux Truxales d'origine corse. A la réflexion, il nous a paru utile de citer les résultats partiels relatifs aux animaux provençaux. En effet, par la comparaison des jeunes et des adultes, laissant les très jeunes de côté, nous pourrons tirer des conclusions biométriques intéressantes à propos de la région d'origine. On peut se demander si les paramètres caractéristiques de la croissance relative, incontestablement variables avec le sexe, le sont aussi, toutes choses égales d'ailleurs, avec l'origine géographique.

Avant d'aller plus loin, nous allons établir, comme pour la Mante, le rapport qui existe entre la longueur du pronotum et celle du corps. Le tableau XIII le fait supposer à première vue. Le graphique suivant (Fig. 18) nous permettra de l'évaluer. Il est construit avec le souci de bien séparer les mâles des femelles d'une part, les individus provençaux des individus corses d'autre part.

La figure 18 comprend quatre courbes. Les courbes A correspondent aux mâles, les courbes B aux femelles. On voit immédiatement que les courbes correspondant à une même région sont parallèles pour des individus de sexe différent. En réalité, elles étaient confondues et nous les avons séparées pour la commodité de la représentation.

On voit encore que pour la Corse et la Provence, la pente n'est pas la même. Elle est de 0,1 pour la Corse et de 0,2 pour la Provence. Ce n'est là qu'une petite différence, mais aboslument réelle et que nous n'énonçons qu'après de nombreuses vérifications. La croissance ne se fait pas avec la même vitesse.

Ainsi, pour l'une et pour l'autre région, le pronotum est dans

un rapport simple et pratiquement *constant* avec le corps, ce qui nous permet de le prendre comme référence. On se rappelle qu'il

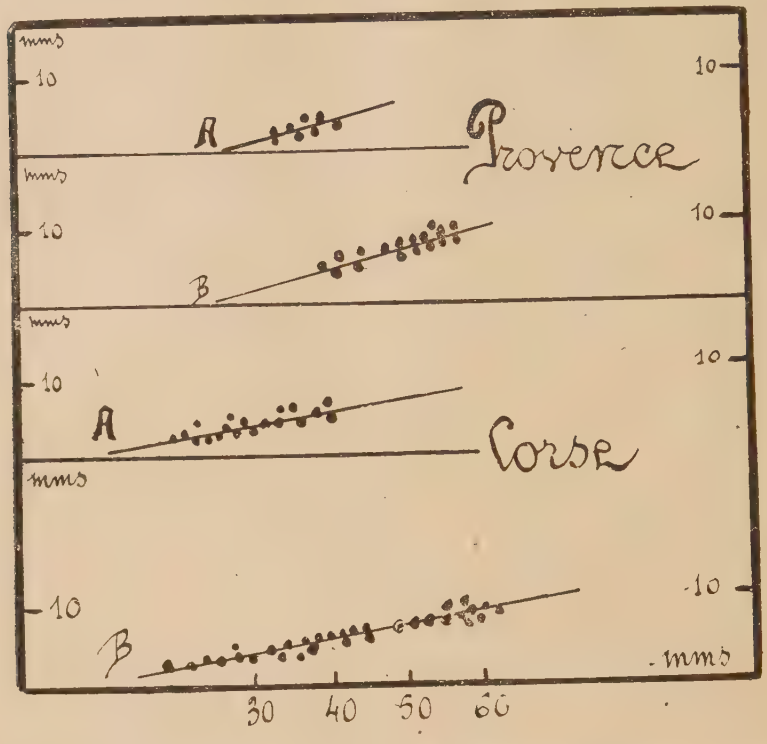


FIGURE 18. — *Acrida turrita*. — Etude de la variation de la longueur du pronotum en fonction de celle du corps. Coordonnées arithmétiques. A) mâles; B) femelles.

en est de même pour la Mante. Le fait n'est sûrement pas sans signification.

Cette étude comprendra plusieurs parties : la tête, l'œil, l'antenne, les ailes et l'abdomen.

II. — LA TETE

La tête du Truxale se prête beaucoup moins que celle de la Mante à de nombreuses mensurations. Nous avons exclusivement mesuré sa longueur. La loi de sa croissance est la même pour les

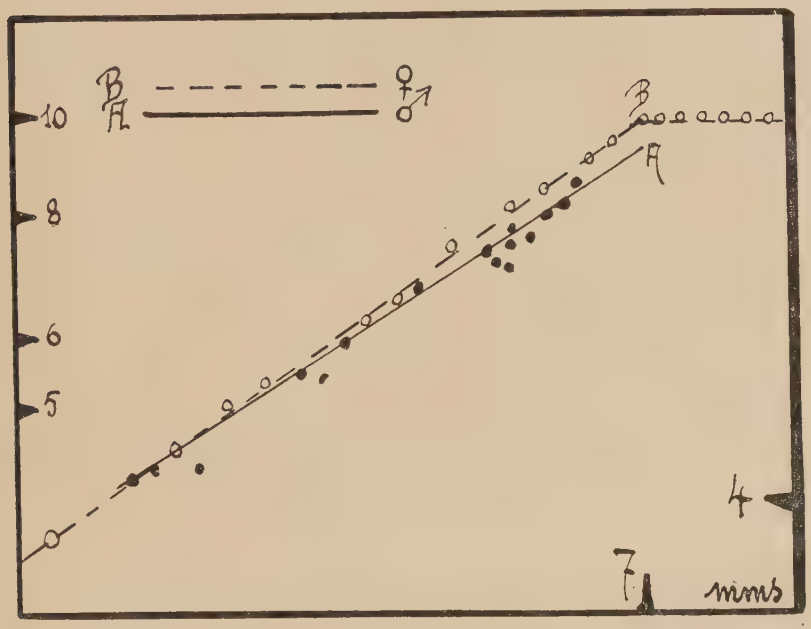


FIGURE 19. — *Acrida turrita.* — Variation de la longueur de la tête en fonction de celle du pronotum. A) mâle. B) femelle. Coordonnées logarithmiques.

individus de Corse et de Provence. Par contre, elle est bien différente selon qu'il s'agit d'un mâle ou d'une femelle. Les quelques chiffres suivants en donneront une première idée :

Chez le mâle :

Longueurs du pronotum	2,8	3,9	5	mm.
Longueurs de la tête	5	6,4	7,5	mm.

Chez la femelle :

Longueurs du pronotum	2,5	3,7	7	8 mm.
Longueurs de la tête	4,8	6,4	10	10 mm.

Les courbes de la figure 19 traduisent la croissance de la longueur de la tête en fonction de la longueur du pronotum. La courbe A, qui correspond à des individus mâles, nous montre qu'elle se fait selon une loi de dysharmonie

$$y = K\, x^{\alpha} \quad \text{avec} \quad \alpha = 0{,}6$$

Cela revient à dire que l'allongement de la tête se fait plus lentement que celui du corps et cela à n'importe quelle époque de l'évolution de l'animal qu'il s'agisse de très jeunes, de jeunes ou d'adultes.

La courbe B correspond à des individus femelles. La croissance de la tête en longueur se fait, non plus selon une, mais selon deux lois de dysharmonie. En effet, tant que le pronotum a une longueur inférieure à 7 m/m, l'allongement de la tête se fait légèrement plus vite que chez le mâle, tout en se faisant plus lentement que la croissance du corps ($\alpha = 0{,}7$). Une fois le point 7 franchi, la courbe décrit un palier horizontal : la croissance de la tête est donc terminée.

Les animaux ayant un pronotum de 7 m/m de long sont « jeunes ». Ce premier point remarquable scinde donc en deux parties cette période. Chez les jeunes précédant immédiatement les adultes et chez ceux-ci également, la croissance de la tête est terminée. Autrement dit, la croissance de la tête chez les femelles est terminée avant la croissance générale du corps. Notons enfin que la croissance de la tête chez les mâles se fait à très peu près selon la même loi que chez les femelles « très jeunes ».

L'étude de la croissance de la tête offre chez *Acrida turrita* un intérêt réduit. Nous ne l'avons entreprise que pour la comparer ultérieurement à celle de *Mantis religiosa*.

III. — L'ŒIL

L'étude de cette question sera conduite comme pour *Mantis religiosa*. On sait que *d*, désignant la distance des deux côtés parallèles d'une facette hexagonale, la surface de celle-ci est proportionnelle à d^2 et plus exactement égale à 0,86. d^2. De plus, l'œil d'*Acrida turrita* a une forme elliptique remarquable. Nous avons mesuré rigoureusement les axes de cette ellipse et nous considérerons que la surface de l'œil est directement proportionnelle au produit des deux axes en question.

a) Le mâle

Les courbes de la figure 20 vont nous permettre de nous rendre compte de la croissance de l'organe de la vision chez *Acrida turrita* ♂ de Provence et de Corse. La courbe O_1 représente la variation de la surface de l'œil en fonction de la longueur du pronotum. La cource F représente la variation de la surface de la facette en fonction de la longueur du pronotum. Ces deux courbes correspondent à des individus corses. Nous avons fait figurer également la courbe T représentative de la variation de la longueur de la tête déjà construite précédemment (Fig. 19). Quant aux individus provençaux ils ne nous ont fourni qu'un nombre relativement restreint de mensurations. C'est ainsi que pour la variation de la surface de l'œil, nous n'avons qu'un tronçon de courbe O_2 et pour la variation de la surface de la facette, les mesures opérées nous donnent des points *se confondant* avec ceux fournis par les individus corses. Ces points d'ailleurs se placent sur le palier final de la courbe F.

Voici quelques-uns des résultats de nos mensurations :

Corse :

Pronotum	2,8	3,9	4,5	5 mm²
Surface de l'œil	2	2	2,6	3,3 mm²
Surface de la facette	3,4	4,9	4,9	4,9

Provence :

Pronotum	4,8	5	5,5 mm²
Surface de l'œil	2,2	2,6	3,6 mm²
Surface de la facette	4,9	4,9	4,9

l'unité de longueur correspondante à l'unité d'aire de la facette étant de 1/100e de $^m/_m$.

Nous n'avons affaire en Provence qu'à des individus jeunes, très évolués ou à des adultes, ce qui explique que nous nous trouvions seulement en présence du dernier tronçon de la courbe représentative. Revenons pour l'instant aux individus corses et procédons à une analyse de la figure 20.

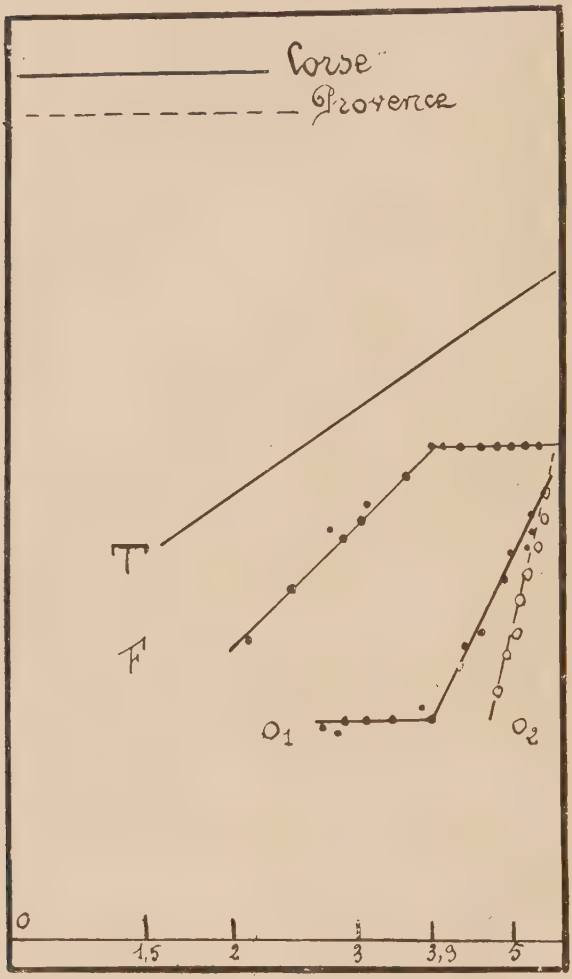


FIGURE 20. — *Acrida turrita* ♂ — Etude de la croissance de l'œil en fonction de la longueur du pronotum. Coordonnées logarithmiques. T) longueur de la tête. F) surface des facettes (individus corses et provençaux). O_1) surface de l'œil (individus corses). O_2) surface de l'œil (individus provençaux).

Les constructions ont été faites en coordonnées logarithmiques. La surface de l'œil reste constante tant que l'animal est relativement de petite taille (pronotum inférieur à 3,9 m/m de long). Sa croissance se fait ensuite selon une dysharmonie majorante ($\alpha = 2$). Voilà ce que nous indique la courbe 0_1.

La surface de la facette croît, au contraire, au cours des premières périodes de l'évolution de l'insecte. Sa croissance se fait aussi rapidement que celle du pronotum jusqu'au moment où celui-ci atteint 3 m/m 9 de long. A ce moment, la croissance de la facette est terminée et la courbe F décrit un palier.

Les individus provençaux ne nous ont permis de construire que le tronçon O_2 qui correspond incontestablement à la deuxième partie de la courbe O_1 des individus corses. En outre, les valeurs de la surface des facettes s'alignent parfaitement sur le palier de la courbe F.

Telles sont les données fournies par l'étude biométrique qui peuvent se résumer dans le tableau ci-dessous, où toutes les valeurs de α ont été groupées.

TABLEAU XIV

Surface de l'œil (Corse)	0	Longueur du pronotum : 3 mm. 9	2
Surface de l'œil (Provence) ..	?		3,3
Surface de la facette	1		0
Longueur de la tête	0,6		0,6

Reste maintenant à interpréter ces données mathématiques et à en tirer des conclusions biologiques.

La taille remarquable du pronotum (longueur = 3 m/m 9) sépare en deux parties l'époque « jeune ». Nous n'hésiterons pas à qualifier les individus de la première de « jeunes faibles » et les autres de « jeunes forts ». La suite apportera d'ailleurs d'autres arguments à cette manière de voir.

La croissance de l'œil se fait donc chez *Acrida turrita* ♂ en deux temps bien distincts. Le premier comprend des individus « très jeunes » et des individus « jeunes faibles ». Le second comprend des « jeunes forts » et des adultes. Au cours du premier temps, la surface de l'œil n'augmente pas, il y a *fusion* des facettes, tandis que par la suite, il y a multiplication des facettes, ce qui entraîne un accroissement de la surface de l'œil relativement rapide. Ces phénomènes se produisent chez des individus corses. Mais il y a tout lieu de croire qu'il en est de même en Provence. En effet, nous n'avions en fait de mâles provençaux que des jeunes forts et des adultes.

Nos courbes sont donc incomplètes ; cependant, on constate que pour des périodes homologues, elles ont la même allure que

celles construites grâce aux individus corses. Le processus général de la croissance de l'organe de vision apparaît comme étant *à peu près* le même en Corse et en Provence ; à peu près, disons-nous, car, en effet, on note des différences dans les paramètres, à sexe égal, avec la provenance. C'est ainsi que le tableau XIV nous montre que la croissance de l'œil en surface se fait plus rapidement en Provence ($\alpha = 3{,}3$) qu'en Corse ($\alpha = 2$). Il en est de même d'ailleurs pour la croissance de l'œil en largeur. Nous citons le résultat sans donner un graphique supplémentaire ($\alpha = 2{,}3$ en Provence et $\alpha = 0{,}79$ en Corse).

b) La femelle

Les courbes de la figure 21 illustrent la croissance de l'œil d'*Acrida turrita* ♀. La courbe O_1 représente la variation de la surface de l'œil en fonction de la longueur du pronotum. La courbe F_1 celle de la facette toujours en fonction de la longueur du pronotum. Ces deux courbes correspondent à des animaux corses, tandis que les courbes O_2 et F_2 correspondent à des individus d'origine provençale. Voici quelques-unes des mesures qui nous ont permis les constructions ci-dessous :

Corse :

Pronotum	2	2,5	4	7	8 mm.
Surface de l'œil	1,05	1,05	2,25	5	6 mm²
Surface de la facette	2,2	2,6	4	6,4	7

Provence :

Pronotum	5	7	8	8,5 mm.
Surface de l'œil	3	4,1	4,8	4,9 mm²
Surface de la facette		5,5	6,4	6,4

l'unité de longueur correspondante à l'unité d'aire de la facette étant de 1/100e de m/m.

La même remarque que celle faite au sujet des mâles est à renouveler à propos des individus provençaux femelles : nous n'avons pas tous les états de la croissance : il nous manque les premiers. Cela d'ailleurs ne nous gênera pas dans l'interprétation.

Les constructions ont été faites en coordonnées logarithmiques. La surface de l'œil reste constante tant que le pronotum a

une longueur égale ou inférieure à 2 m/m 5. Au delà de ce point, la croissance de l'œil se fait selon une dysharmonie majorante (α = 1,6). Cela pour des individus corses. Quant à la facette, sa croissance en surface se fait d'abord plus lentement que le corps (α = 0,8), après quoi la courbe décrit un palier (α = 0). On peut dire qu'alors la croissance de la facette est terminée. D'ailleurs, cela a lieu quand l'animal atteint l'état adulte.

FIGURE 21. — *Acrida turrita* ♀ — Etude de la croissance de l'œil en fonction de la longueur du pronotum. Coordonnées logarithmiques. T) longueur de la tête. F_1 et F_2) surfaces des facettes (individus corses et provençaux). O_1 et O_2) surface de l'œil (individus corses et provençaux).

Pour la Provence, les individus que nous possédions nous permettent de construire deux courbes incomplètes, ou mieux, deux tronçons de courbes qui nous indiquent que le phénomène est le même qu'en Corse. Toutefois, on note une différence quant à la valeur des paramètres. Pour la courbe O_2 : α = 0,9 et pour la courbe F_2 : α = 1,3 puis zéro.

Nous allons maintenant interpréter ces résultats mathématiques :

a) CORSE. — Le premier point remarquable se place parmi

les « très jeunes » (pronotum = 2 m/m 5, tandis que le second indique le début de la période adulte (pronotum = 8 m/m). Ces deux points divisent l'évolution de l'animal en ce qui concerne l'organe de la vision en trois époques. Au cours de la première, on assiste à une fusion des facettes sans conséquence sur la croissance de la surface de l'œil. La seconde est caractérisée par une croissance individuelle des facettes qui est accompagnée d'un début de multiplication. On en voit immédiatement la conséquence : c'est la croissance de la surface de l'œil qui commence. Elle se continue au cours de la troisième époque, tandis que la surface de la facette va demeurer constante. Cette dernière époque sera donc caractérisée par une multiplication très active des facettes.

b) Provence. — On peut imaginer qu'il en est de même pour la première époque, mais au cours de la seconde, la fusion des facettes se poursuit. En effet, la croissance de la surface des facettes se fait plus rapidement que celle de l'œil. Ce n'est qu'au cours de la troisième époque (adultes) que l'on assistera à une multiplication des facettes.

c) Conclusions

1° *Au point de vue sexuel* : l'organe de la vision présente une croissance se faisant en deux temps chez le mâle, tandis que chez la femelle on observe trois époques dans l'évolution de cet organe. La première, chez le mâle, comprend les « très jeunes » et les « jeunes faibles », la seconde correspond aux « jeunes forts » et aux « adultes ». Chez la femelle, nous avons une première époque correspondant à des « très jeunes » peu évolués, la seconde comprenant encore des « très jeunes » et les « jeunes » ; enfin, la troisième est celle des adultes.

En outre, les paramètres de croissance de l'œil et de la facette sont plus élevés chez le mâle (0 ; 1 ; 2) que chez la femelle (0 ; 0,8 ; 1,6). La croissance apparaît donc plus rapide chez le mâle que chez la femelle. Le fait se confirme d'ailleurs ainsi d'après ce qui précède : chez le mâle, il y a fusion des facettes, puis multiplication ; chez la femelle, on observe un état intermédiaire : fusion d'abord, puis début de multiplication et enfin simplement multiplication des facettes.

Notons, en outre, que, tandis que la croissance des facettes se termine chez le mâle avant l'état adulte, chez la femelle il n'en est

pas de même. L'origine du palier des courbes F_1 et F_2 (Fig. 21) correspond au début de la période adulte.

Tous ces faits établissent, à propos de l'évolution de l'organe de la vision, une incontestable précocité du mâle.

2° *Au point de vue origine géographique :* nous avons noté, au passage, des différences, d'ordre secondaire il est vrai ; c'est le moment d'y revenir.

Il est bien entendu que dans le lot d'individus provençaux, nous n'avions que des « jeunes forts » et des adultes ♂ d'une part, des jeunes et des adultes ♀ d'autre part. Nos courbes sont donc incomplètes, mais suffisantes pour constater que pour des périodes homologues, elles ont la même allure que celles construites grâce aux individus corses. Toutefois, on peut affirmer que la croissance de l'œil chez le mâle se fait plus rapidement en Provence qu'en Corse ; fait curieux, c'est le contraire qui semble avoir lieu à propos de la femelle. Nous nous garderons cependant d'être trop catégorique, étant donnés les moyens restreints d'investigation dont nous disposions. Quoi qu'il en soit, comme nous le disions plus haut, le *processus général* de la croissance pour l'organe de la vision apparaît comme étant sensiblement le même en Corse et en Provence.

3° Les caractères biométriques se rattachant au sexe et à l'origine nous conduisent tout naturellement à comparer les résultats obtenus chez *Mantis religiosa* avec ceux apportés par l'étude d'*Acrida turrita.* En considérant les choses d'un peu haut, nous pouvons caractériser l'évolution de l'organe de la vision par trois époques aussi bien chez *Mantis religiosa* ♂ et ♀ que chez *Acrida turrita* ♀. Par contre, chez le mâle d'*Acrida turrita,* tout se passe plus rapidement, le stade intermédiaire se trouvant supprimé. Ceci ne constitue qu'un premier renseignement dans cet ordre d'idées. L'étude des autres organes nous en apportera de nouveaux et nous permettra en dernière analyse de nous étendre davantage sur cette question.

IV. — L'ANTENNE

Tête ; Œil ; Antenne

Avec l'étude de la croissance de l'antenne s'achève la première partie de ce travail en ce qui concerne *Acrida turrita*. Nous la compléterons par une étude comparée des croissances de la tête, de l'œil et de l'antenne, comme il a été fait pour *Mantis religiosa*.

A. — L'Antenne

Nous construisons une courbe, en coordonnées logarithmiques, représentative des variations de la longueur de l'antenne en fonction de celle du pronotum (Fig. 22) : courbe A pour le mâle ; courbe B pour la femelle). Les individus provençaux nous ont fourni quelques indications : les points figuratifs s'alignent parallèlement aux courbes construites grâce aux individus corses. Ici, l'origine géographique ne paraît pas avoir d'influence comme précédemment à propos de l'œil. Nous parlerons donc de mâle et de femelle sans considération d'origine. Citons, avant d'aller plus loin, quelques résultats des mesures effectuées :

Pronotum	2	2,5	3	5	8 mm.
Antenne ♂	5,1	6	6,8	10	8 mm.
Antenne ♀	5	5	5,8	9,6	15 mm.

L'allongement de l'antenne chez le mâle se fait selon deux lois de dysharmonie correspondant à deux tronçons de courbe, le premier de pente 0,7 ; le second de pente beaucoup plus forte et égal à 2,4. La croissance de l'antenne, d'abord plus lente que celle du pronotum, devient ensuite beaucoup plus rapide. Bornons-nous pour l'instant à citer ce résultat. Nous verrons plus loin à quelle signification morphologique il correspond.

Chez la femelle, tant que le pronotum a une longueur égale ou inférieure à 2 $^{m}/_{m}$ 5, la longueur de l'antenne reste constante. Ce n'est que lorsque l'animal a déjà grandi que l'allongement de l'antenne a lieu. Il se fait d'ailleurs à la même vitesse que la croissance générale du corps. Il n'y a pas dysharmonie : $\alpha \cong 1$.

L'étude que nous venons de faire, moins poussée qu'à propos de *Mantis religiosa*, nous permet de tirer des conclusions intéres-

santes. Les deux tronçons de courbe chez le mâle confirment la manière de voir adoptée précédemment, savoir : que l'époque dite des « jeunes » se scinde en deux parties ; les « très jeunes » s'alignant avec les « jeunes faibles », tandis que les « jeunes forts » s'alignent avec les « adultes ». L'allongement de l'antenne se fait dans la deuxième partie plus de *trois fois* plus vite qu'au cours de la première.

Chez la femelle, nous retrouvons un point remarquable déjà signalé précédemment (protum = 2 m/m 5 de long) et qui se place parmi les très jeunes.

S'il n'y a pas ici de variants biométriques de l'origine, on note cependant des *variants biométriques du sexe*. Alors que la croissance de l'antenne apparaît simple et sans importance chez la femelle, il n'en va pas de même chez le mâle, où l'évolution de cet organe est marquée par un stade particulièrement critique.

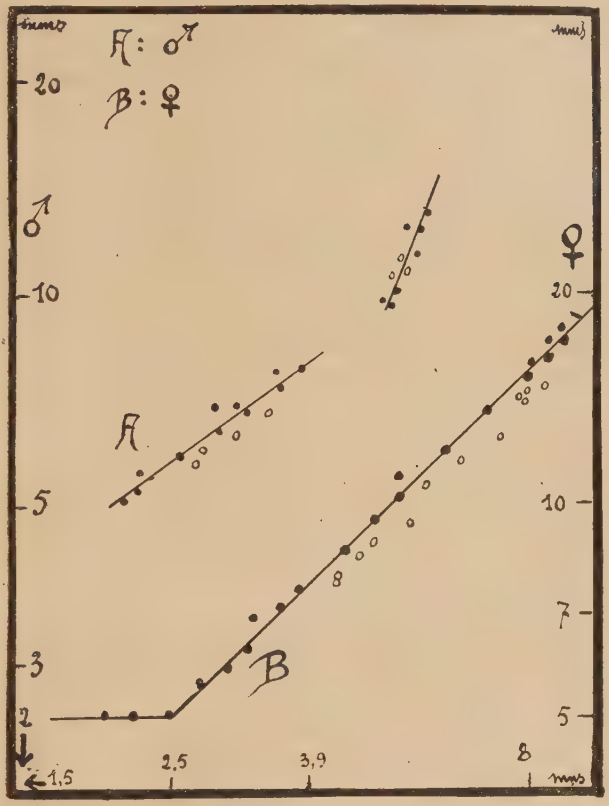


FIGURE 22. — *Acrida turrita*. — Etude de la croissance de l'antenne en fonction de la longueur du pronotum. Coordonnées logarithmiques. Corse • • • • Provence o o o o.

Notons au passage la similitude des résultats obtenus chez les deux Orthoptères étudiés ; nous y reviendrons plus longuement par la suite.

B. — Comparaison entre les croissances de la tête de l'œil et de l'antenne

Le but de ce chapitre étant, avant tout, de dégager l'importance des relations entre les organes des sens, nous limiterons l'étude aux seuls individus corses. Nous aurons cependant soin de toujours bien distinguer les sexes.

Dès à présent, nous pouvons fragmenter l'évolution de l'animal en époques, cela grâce à des points remarquables révélés en partie par l'observation directe, en partie par l'étude biométrique. Pour le mâle, nous distinguons : très jeunes, jeunes et adultes selon les dimensions des ailes. En outre, la période jeune est scindée en deux pour une longueur remarquable du pronotum : 3 m/m 9. Pour la femelle, nous observons également des très jeunes, des jeunes et des adultes. Les courbes construites nous amènent à scinder en deux parties aussi bien l'époque très jeune que l'époque jeune. Au total, cela fait donc pour le moment quatre époques de croissance chez le mâle et cinq chez la femelle.

a) **Le mâle**

1) Le pronotum a une longueur inférieure à 2 m/m 8. Nous avons affaire à des individus « très jeunes ». La croissance de l'antenne et de la tête se fait très lentement, plus lentement que celle du corps. Quant à la surface de l'œil, elle demeure constante. En définitive, on peut dire qu'au départ l'antenne croît plus vite que la tête qui, elle-même, croît évidemment plus vite que l'œil.

2) Le pronotum a une longueur comprise entre 2 m/m 8 et 3 m/m 9.

Il n'y a rien de changé dans les croissances relatives. Mais morphologiquement, les ébauches des organes du vol se recouvrent et ne sont plus alignées comme précédemment. C'est le début de l'époque *jeune*. Elle ne s'achèvera pas sans d'importants changements.

3) Le pronotum a une longueur comprise entre 3 m/m 9 et 5 m/m. C'est maintenant que va s'achever la période jeune. Nous sommes ici dans l'époque pré-adulte. Le point 3,9 se définit biométriquement. Tandis que la croissance de la tête se continue comme précédemment, celles de l'antenne et de l'œil deviennent beaucoup plus rapides, plus rapides même que la croissance générale du corps. L'antenne croît d'ailleurs plus vite que l'œil qui, lui-même, croît plus vite que la tête.

4) Le pronotum ayant une longueur supérieure à 5 m/m, l'animal est adulte.

Le fait saillant qui ressort de cette étude est la suprématie progressive de l'antenne au point de vue sensoriel. Sa croissance est toujours plus rapide que celle de l'œil.

Enfin, notons attentivement la longueur remarquable du pronotum (3 m/m 9) révélée par l'étude biométrique. Dès à présent, nous pourrons dire qu'il est le point de démarcation entre les « jeunes faibles » et les « jeunes forts ». La suite le confirmera.

b) La femelle

1° Le pronotum a une longueur inférieure à 2 m/m 5. La croissance est à peine amorcée. Nous sommes en présence d'individus très jeunes sans doute, mais encore, ce sont les plus petits parmi ces très jeunes. La tête commence sa croissance très lentement, plus lentement que la croissance générale du corps. Quant à l'œil et à l'antenne, leur croissance n'est pas encore commencée.

2° Le pronotum a une longueur comprise entre 2 m/m 5 et 3 m/m 7. Morphologiquement, les individus de cette classe sont encore « très jeunes », mais biométriquement, nous sommes obligés de les séparer des précédents. En effet, tandis que la tête continue lentement sa croissance, celle de l'œil et de l'antenne a commencé et selon un rythme qui demeurera le même jusqu'à la fin. L'antenne croît aussi vite que le corps, tandis que l'œil croît plus vite.

3° Le pronotum ayant une longueur comprise entre 3 m/m 7 et 7 m/m, les individus sont jeunes, mais biométriquement rien n'est changé.

4° Le pronotum ayant une longueur comprise entre 7 m/m et 8 m/m, nous nous trouvons toujours en présence de jeunes, mais la croissance de la tête est terminée, tandis que celles de l'œil et de l'antenne se poursuivent. Le point 7 se définit donc, biométriquement, comme le point 2,5, tandis que les points 3,7 et 8 sont définis morphologiquement par des considérations relatives aux organes du vol.

5° Enfin, le pronotum ayant une longueur supérieure à 8 m/m, l'animal est adulte.

En définitive, chez la femelle, à l'inverse de ce qui se passe chez le mâle, la croissance de l'œil est toujours plus rapide que

TABLEAU XV

MALE	Longueurs du pronotum		2,8		3,9		5 mm.		
	Longueurs du corps	Epoque I	23	Epoque II	33	Epoque III	40 mm.	Epoque IV (Adultes)	
	Longueurs de la tête		5		6,4		7,5 mm.		
	Surfaces de l'œil		2		3		3,3 mm²		
	Longueurs de l'antenne		6		6,4		10 mm.		
FEMELLE	Longueurs du pronotum		2,5		3,7		7	8	
	Longueurs du corps	Epoque I	23,5	Epoque II	37	Epoque III	52	55	Epoque V (Adultes)
	Longueurs de la tête		4,8		6,4		10	10	
	Surfaces de l'œil		1,05		2		5	6	
	Longueurs de l'antenne		5		7,2		13	15	

celle de l'antenne. En outre, celle-ci ne présente pas de dysharmonie.

Le tableau XV donne une idée générale des phénomènes décrits précédemment et constitue, en même temps qu'un résumé, une illustration de l'évolution des organes étudiés jusqu'à présent. Notons, en terminant, que tandis que cette évolution se fait en quatre époques chez le mâle, elle en exige cinq chez la femelle. En outre, les valeurs du paramètre α qui caractérisent la vitesse des diverses croissances sont toujours plus faibles chez la femelle que chez le mâle. Cela nous indique, en première analyse, une certaine lenteur chez la femelle. Nous n'insisterons pas davantage à ce propos, car cela sera l'objet d'une étude ultérieure plus générale qui aura sa place dans les conclusions.

V. — LES AILES

a) Le mâle

Les courbes de la figure 23 traduisent la croissance de l'élytre et de l'aile en fonction de la longueur du pronotum. Elles sont construites en coordonnées logarithmiques. Voici quelques dimensions remarquables des organes du vol. Rappelons qu'elles sont données avec une précision de l'ordre du cinquième de millimètre.

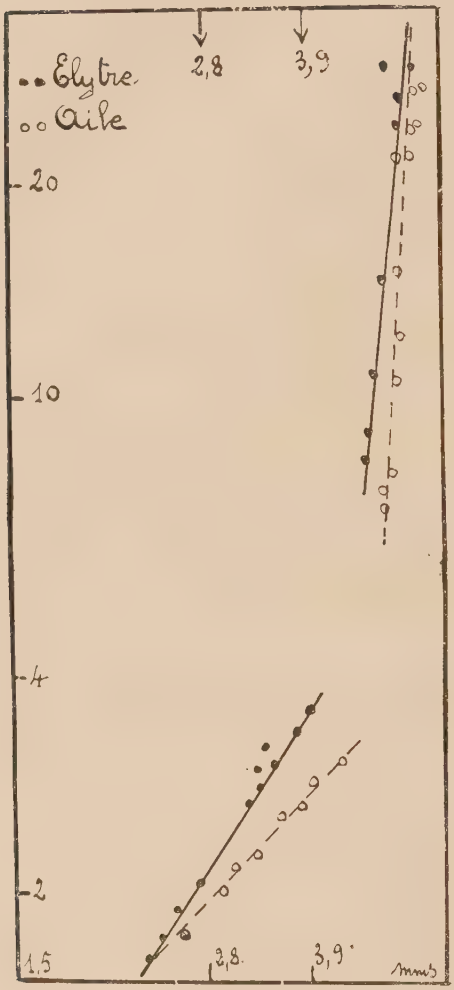


FIGURE 23. — *Acrida turrida* ♂ — Croissance des organes du vol en fonction de la longueur du pronotum. Coordonnées logarithmiques.

Pronotum (longueur) :			
2,8	3,9	5	5,5 mm.
Longueur de l'élytre :			
2,1	3,5	9	30 mm.
Longueur de l'aile :			
2	2,8	7	25 mm.

La croissance de l'élytre, comme celle de l'aile, d'ailleurs, est caractérisée par deux phases de dysharmonie. Les changements de valeurs du paramètre α se font lorsque la longueur du pronotum passe par la dimension remarquable déjà trouvée précédemment : 3 m/m 9, qui scinde en deux parties l'époque jeune.

Dans la première, la croissance de l'élytre est plus rapide que celle du corps et que celle de l'aile. Dans la deuxième, au contraire, c'est la croissance de l'aile qui est plus rapide que celle de l'élytre.

Les individus de la première partie sont « très jeunes » et « jeunes faibles ». Ceux de la deuxième sont « jeunes forts » et « adultes ». Il y a donc tout d'abord prédominance de l'élytre, puis prédominance de l'aile.

b) **La femelle**

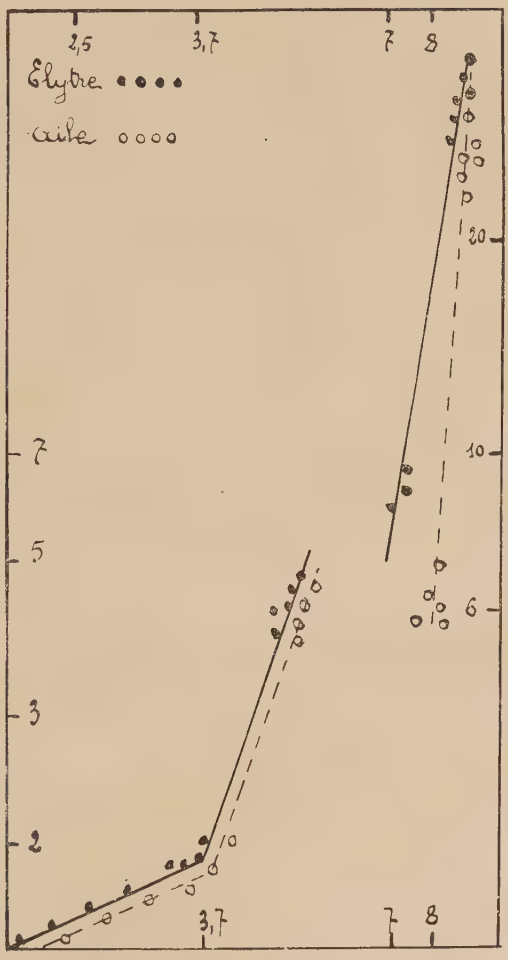


FIGURE 24. — *Acrida turrita* ♀ — Croissance des organes du vol en fonction de la longueur du pronotum. Coordonnées logarithmiques.

Les courbes de la figure 24 nous indiquent immédiatement trois périodes bien distinctes dans l'évolution des organes du vol

chez la femelle. Voici tout d'abord quelques-uns des résultats des mesures faites :

Longueurs du pronotum	2,5	3,7	7	3 mm.
Longueurs de l'élytre	1,1	1,3	8,2	33 mm.
Longueurs de l'aile	1,1	1,3	6	27 mm.

Lorsque le pronotum a une longueur inférieure à 3 m/m 7, nous avons affaire à des individus « très jeunes ». La croissance de l'élytre est aussi rapide que celle de l'aile tout en se faisant bien moins vite que celle du corps ($\alpha = 0,4$).

Lorsque la longueur du pronotum est comprise entre 3 m/m 7 et 8 m/m, nous nous trouvons en présence de jeunes, mais ici nous devons faire une distinction.

Chez les jeunes ayant un pronotum de longueur inférieure à 7 m/m, les croissances de l'élytre et de l'aile se font rigoureusement à la même vitesse qui est plus grande que précédemment ($\alpha = 2,8$). Ici donc, la croissance des organes du vol est bien plus rapide que la croissance générale du corps.

Chez les jeunes plus évolués (la longueur du pronotum dépasse 7 m/m), la croissance de l'aile est plus rapide que celle de l'élytre. C'est le troisième tronçon des courbes (Fig. 24), ($\alpha = 5,1$ pour l'élytre et 11,6 pour l'aile). Les dysharmonies observées chez les jeunes, relativement très évolués et chez les adultes, ne sont pas de même espèce. En effet, chez ceux-ci, nous sommes en présence d'une dysharmonie de taille, tandis que chez ceux-là, il s'agit encore de dysharmonie de croissance.

a) **Conclusions**

L'étude des organes du vol n'a été faite que pour des individus corses. En effet, dans un essai préalable, nous avons vu que tous les points correspondant à des animaux d'origine provençale se trouvaient confondus avec les précédents. L'origine géographique n'intervient pas dans la croissance des organes étudiés dans le présent chapitre. Pour le sexe, il n'en est pas de même.

La première différence consiste dans le fait que les croissances de l'aile et de l'élytre se font en deux temps chez le mâle et en trois temps chez la femelle. Il y en a d'autres. Le tableau des valeurs du paramètre α va nous permettre de les mettre en évidence (Tableau XVI).

TABLEAU XVI

♂	élytre	1,5	Pronotum de 3,9 mm.	9,1		
	aile	1,1		12,5		
♀	élytre	0,4	Pronotum de 3,7 mm.	2,8	Pronotum de 7 mm.	5,1
	aile	0,4		2,8		11,6

Un pareil tableau se passe de commentaire. A l'inverse de ce qui a été observé chez la *Mante religieuse* et de ce qu'on observe généralement chez les Orthoptères, la croissance des organes du vol apparaît plus rapide chez le mâle que chez la femelle. Par ailleurs, ce résultat est conforme avec le résultat général qui se dégage des précédents chapitres de l'étude d'*Acrida turrita,* savoir : que l'évolution de la femelle se fait plus lentement que celle du mâle. Notons enfin que, pour le mâle aussi bien que pour la femelle, la croissance de l'aile est plus rapide que celle de l'élytre.

VI. — L'ABDOMEN

Comme pour la Mante, nous avons mesuré la longueur et la largeur de cet organe, la largeur étant toujours prise entre le quatrième et le cinquième anneau, qu'il s'agisse du mâle ou de la femelle.

a) **Le mâle**

Nous avons construit les courbes représentatives de la variation de la longueur (L) et de la largeur (l) de l'abdomen en fonction de la longueur du pronotum (Fig. 25). Les points figuratifs de la croissance de cet organe chez des animaux d'origine provençale sont sur le même graphique.

En Corse :

Longueurs du pronotum	2,5	2,8	3,9	5 mm.
Longueurs de l'abdomen	13	14,5	19	23 mm.
Largeurs de l'abdomen	1,4	1,55	2	2 mm.

En Provence :

Longueurs du pronotum	4,5	5	6 mm.
Longueurs de l'abdomen	19	21	24 mm.
Largeurs de l'abdomen	2,5	2,5	2,5 mm.

Un simple coup d'œil sur ces quelques chiffres et sur la figure 25 montre immédiatement que la croissance de la longueur se fait selon une loi de dysharmonie par rapport au pronotum qui est la même en Corse qu'en Provence $\alpha = 0{,}8$. L'allongement du pronotum est plus rapide que celui de l'abdomen. On peut donc dire que la croissance en longueur de l'organe qui nous intéresse ici est plus lente que la croissance générale du corps.

La croissance de l'abdomen en longueur présente, comme pour la *Mante,* une particularité remarquable. Elle est terminée avant que l'animal ait atteint l'état adulte. Chez les très jeunes et chez les jeunes faibles, une telle croissance est dysharmonique par rapport au pronotum ($\alpha = 0{,}7$). Elle se fait plus lentement que la croissance générale du corps et que l'allongement de l'abdomen. Lorsque le pronotum atteint 3 m/m 9 de longueur, la croissance en

largeur de l'abdomen est terminée. Le palier de la courbe correspond à des individus « jeunes forts » et « adultes ».

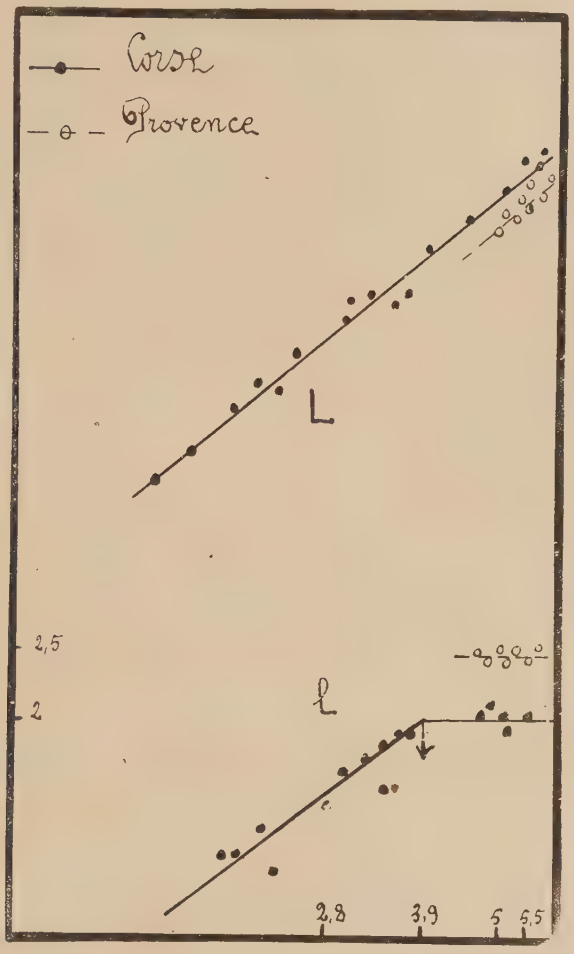


FIGURE 25. — *Acrida turrita* ♂ — Croissance de la longueurs (L) et de la largeur (l) de l'abdomen en fonction de la longueur du pronotum. Coordonnées logarithmiques.

Notons qu'en Provence ce palier correspond à une largeur de 2 m/m 5, tandis qu'en Corse, il a une valeur de 2 m/m. En outre, la longueur de l'abdomen chez les individus d'origine corse est supérieure à la longueur du même organe chez les individus d'origine Provençale. L'abdomen apparaît donc plus court et plus large en

Provence qu'en Corse, les modalités de la croissance étant cependant les mêmes.

b) La femelle

Nous avons fait pour la femelle les mêmes constructions que pour le mâle (Fig. 26).

En Corse :

Longueurs du pronotum	2,5	3,7	7	8	mm.
Longueurs de l'abdomen	13	17	26	28	mm.
Largeurs de l'abdomen	1,9	2,3	4	4,8	mm.

En Provence :

Longueurs du pronotum	6	7	8	mm.
Longueurs de l'abdomen	22	25	27	mm.
Largeurs de l'abdomen	2,5	3	3,5	mm.

L'allongement de l'abdomen se fait, en Corse comme en Provence, selon la même loi de dysharmonie ($\alpha = 0{,}6$), plus lentement que la croissance générale du corps.

La croissance de la largeur se fait selon les mêmes lois, aussi bien en Corse qu'en Provence, mais elle est relativement complexe.

La courbe représentative des variations de la largeur de l'abdomen en fonction de la largeur du pronotum comprend trois groupes distincts correspondant en réalité à trois dysharmonies différentes. Ces trois tronçons sont définis par deux points remarquables déjà signalés dans les chapitres précédents : (pronotum de 3 m/m 7 et de 7 m/m de long).

Tant que le pronotum a une longueur inférieure à 3 m/m 7, la croisance en largeur de l'abdomen est très lente ($\alpha = 0{,}4$). Nous avons affaire à des animaux bien définis morphologiquement et biométriquement depuis le début et que nous appelons « très jeunes ».

Le pronotum ayant une longueur comprise entre 3 m/m 7 et 7 m/m, la croissance en largeur devient deux fois plus rapide ($\alpha = 0{,}8$), tout en restant plus lente que la croissance du corps. Ceci se passe chez des jeunes relativement évolués.

Lorsque la taille du pronotum est supérieure à 7 m/m, nous nous trouvons encore en présence de jeunes, mais plus évolués. La crois-

sance en largeur de l'abdomen, non seulement devient plus rapide, mais encore se fait légèrement plus vite que la croissance générale du corps ($\alpha = 1{,}1$).

Cette complexité de la croissance en largeur de l'adbomen

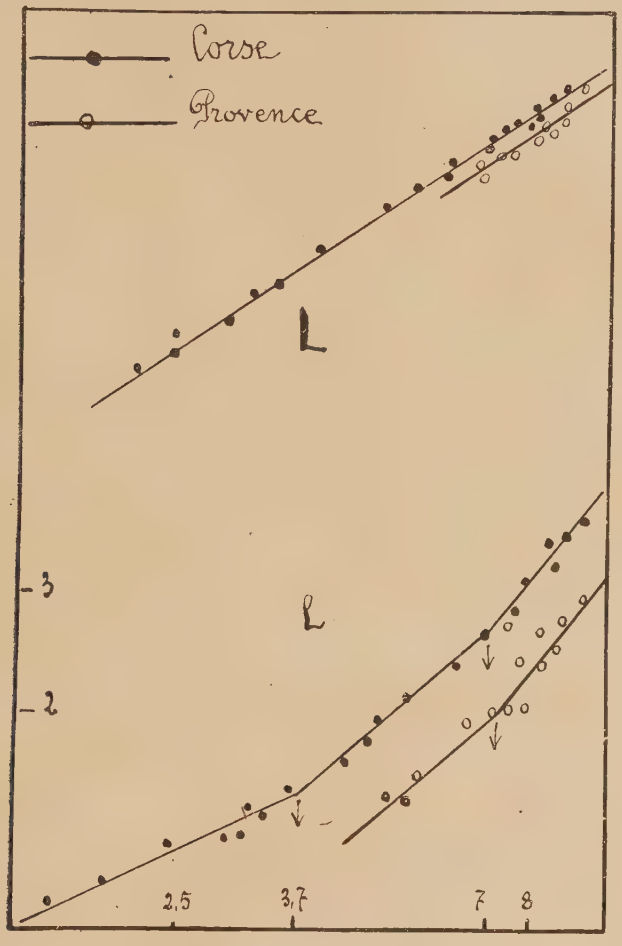


FIGURE 26. — *Acrida turrita* ♀ — Croissance de la longueur (L) et de la largeur (l) de l'abdomen en fonction de la longueur du pronotum. Coordonnées logarithmiques.

d'*Acrida turita* ♀ n'est pas pour nous surprendre. Au cours de la deuxième partie de l'évolution de l'organe (deuxième tronçon de la courbe) se place la mue imaginale. C'est la période pré-adulte, préparatoire à la fonction de reproduction. Notons enfin que, si la

croissance de l'adbomen se fait de la même façon en Corse qu'en Provence, cet organe est plus long et plus large en Corse qu'en Provence. Ce fait peut être considéré comme caractéristique de l'origine géographique et climatique.

c) Conclusions

On vient de voir les conclusions relatives au mâle et à la femelle. Une comparaison s'impose.

La croissance en longueur de l'abdomen se fait toujours plus lentement que celle du corps. Elle a lieu, toutefois, plus rapidement chez le mâle que chez la femelle.

La croissance en largeur se fait en deux temps chez le mâle, le premier correspondant aux très jeunes et aux jeunes faibles, le second aux jeunes forts et aux adultes. Ces deux temps sont séparés par la mue imaginale.

La croissance en largeur se fait en trois temps chez la femelle. Tout d'abord plus lente que chez le mâle, elle devient ensuite sensiblement plus rapide, puis enfin, relativement très rapide. C'est au moment où elle devient le plus rapide chez la femelle, qu'elle est terminée chez le mâle. Ce phénomène, bien caractéristique du sexe, est conforme à ce que nous enseigne la biologie.

Remarquons enfin, que la croissance de l'abdomen d'*Acrida turrita* rappelle ce que nous avons vu dans le même ordre d'idées chez *Mantis religiosa*. Nous comparerons d'ailleurs ultérieurement ces deux espèces.

VII. — RESUME ET CONCLUSIONS RELATIVES A ACRIDA TURRITA

Comme pour la Mante, nous synthétiserons les conclusions partielles formulées au cours de l'étude des différents organes d'*Acrida turrita.*

L'observation directe, la morphologie et l'étude biométrique nous ont conduit à la définition de points remarquables servant à diviser en un certain nombre d'époques l'évolution du mâle et celle de la femelle.

Dans la suite des organes étudiés, on peut grouper, d'une part, la tête et les organes des sens (œil et antenne), d'autre part, les ailes et l'abdomen. L'œil et l'antenne apparaissent ici, aussi bien que chez la *Mante,* comme des organes complémentaires. Chez le mâle, il y a suprématie de l'antenne sur l'œil. Chez la femelle, c'est le contraire. La longueur de l'abdomen est sans importance. Dans tous les cas, sa croissance est plus lente que celle du corps tout entier. Il n'en va pas de même pour la largeur. Chez le mâle, au moment où la croissance des organes du vol devient plus rapide, celle de la largeur de l'abdomen est terminée. Chez la femelle, c'est le contraire qui a lieu. La croissance des organes du vol se fait de plus en plus vite au fur et à mesure que l'animal grandit. Il en est de même de la croissance en largeur de l'abdomen.

Le tableau XVII comprend toutes les valeurs du paramètre α pour la croissance de chaque organe étudiée en fonction de la longueur du pronotum. Il constitue, en même temps qu'un résumé, une sorte d'illustration de l'évolution de l'animal. Nous allons le commenter. Il met en évidence les diverses époques de croissance. Que se passe-il au cours de chacune d'elles ? C'est la dernière question qui se pose. La réponse constituera la conclusion du présent travail.

a) Le mâle

1°) Le pronotum a une longueur inférieure à 2 $^{m}/_{m}$ 8. La longueur totale du corps est donc inférieure à 23 $^{m}/_{m}$. Nous sommes en présence de « très jeunes » définis morphologiquement par une disposition particulière des organes du vol, l'élytre étant alignée avec l'aile, c'est-à-dire ne la recouvrant pas. L'élytre et l'aile sont d'ailleurs les seuls organes avec la surface de la facette qui présentent

TABLE

Différentes valeurs du paramètre α (pour les div

MALE (longueurs du pronotum)	2,8	3,9	
Longueur de la tête	0,6	0,6	0,6
Surface de l'œil	0	0	2
Surface de la facette	1	1	0
Longueur de l'antenne	0,7	0,7	2,4
Longueur de l'élytre	1,5	1,5	9,1
Longueur de l'aile	1,1	1,1	12,5
Longueur de l'abdomen	0,8	0,8	0,8
Largeur de l'abdomen	0,7	0,7	0

FEMELLE (longueurs du pronotum)	2,5	3,7
Longueur de la tête	0,7	0,7
Surface de l'œil	0	1,6
Surface de la facette	0,8	0,8
Longueur de l'antenne	0	1
Longueur de l'élytre	0,4	0,4
Longueur de l'aile	0,4	0,4
Longueur de l'abdomen	0,6	0,6
Largeur de l'abdomen	0,4	0,4

X V I I

nes étudiés) au cours des époques de croissance

	ADULTES
5	
	0,6
	2
	0
	2,4
	9,1
	12,5
	0,8
	0

		7		Adultes 8
	0,7	◆	0	0
	1,6		1,6	1,6
	0,8		0,8	◆ 0
	1		1	1
	2,8	◆	5,1	5,1
	2,8	◆	11,6	11,6
	0,6		0,6	0,6
	0,8	◆	1,1	1,1

en ce moment une croissance plus rapide que la croissance générale du corps.

C'est au cours de cette première époque que la surface de l'œil reste constante grâce au phénomène de la « *fusion* » des facettes. On peut parler ici d'un gradient de croissance : élytre (1,5) ; aile (1,1) ; abdomen (0,7) ; tête (0,6) ; œil (0). Sans même considérer ces chiffres rigoureusement, on doit admettre que la croissance de l'ensemble élytre, aile, abdomen se fait plus rapidement que celles de la tête et des organes des sens. En d'autres termes, cette première époque se caractérise ainsi : la partie antérieure du corps de l'animal a une croissance plus lente que la partie postérieure.

2°) La longueur du corps étant comprise entre 23 m/m et 33 m/m, celle du pronotum est comprise entre 2 m/m 8 et 3 m/m 9. Les caractéristiques biométriques demeurent les mêmes, c'est-à-dire que les paramètres conservent les mêmes valeurs. Le point remarquable 2,8 ne se définit pas biométriquement. Il se définit morphologiquement. L'élytre et l'aile, qui ne se recouvraient pas jusqu'à présent, se recouvrent désormais. Nous avons affaire à des individus qui ne sont plus « très jeunes », mais pas encore adultes. Nous les avons qualifiés de « jeunes ». La disposition des organes du vol n'est cependant pas identique à celle des adultes. Le retournement définitif qui amènera l'élytre au-dessus de l'aile n'est pas encore fait.

3°) Le pronotum a une longueur comprise entre 3 m/m 9 et 5 m/m, celle du corps variant entre 33 m/m et 40 m/m. Nous nous trouvons dans l'époque pré-adulte. Les animaux compris dans cette époque sont jeunes comme les précédents, mais ils s'en distinguent à plusieurs points de vue. La croissance de la plupart des organes change. Pour certains, elle devient plus rapide que précédemment, pour d'autres, elle est terminée. Quoi qu'il en soit pour un organe donné, la croissance prend, à partir du point 3 m/m 9, une certaine allure qui est définitive. Le point 3 m/m 9, à l'inverse du point 2 m/m 8, se définit biométriquement.

La croissance de l'œil devient très rapide par multiplication des facettes (arrêt de la croissance individuelle des facettes). L'allongement de l'antenne devient plus de trois fois plus rapide que précédemment. Ceux de l'élytre et de l'aile deviennent respectivement six fois et onze fois plus rapides qu'au cours des deux premières époques. Enfin, la croissance en largeur de l'abdomen est

terminée. Tout cela constitue une véritable révolution dans l'organisation de l'animal.

Au cours des deuxième et troisième époques, les individus sont jeunes. Nous qualifions de « jeunes faibles » ceux de la deuxième époque et de « jeunes forts » ceux de la troisième. La croissance des jeunes faibles se fait comme celle des « très jeunes». Les dysharmonies de *croissance* des « jeunes forts » et les dysharmonies de *taille* des adultes sont caractérisées par les *mêmes* constantes d'équilibre.

4°) L'animal a plus de 40 m/m de longueur. Il est adulte. Son pronotum a plus de 5 m/m de long. Ce dernier point remarquable, le point 5, se définit simplement par des considérations morphologiques. Elytre et aile recouvrent totalement l'abdomen, alors que, jusqu'à présent, elles n'en recouvraient qu'une partie. Enfin, le retournement définitif a eu lieu et c'est l'aile qui est recouverte par l'élytre. Au point de vue biométrique, rien n'a été changé depuis le point 3,9.

b) La femelle

1°) La longueur du corps est inférieure à 37 m/m. L'animal est « très jeune ». Cette époque ainsi définie morphologiquement, n'est pas simple. En effet, on peut la diviser en deux par un point remarquable défini biométriquement (longueur du pronotum = 2 m/m 5 ou encore longueur du corps = 23 m/m 5).

a) la longueur du corps étant inférieure à 23 m/m 5, tous les organes ont une croissance plus lente que celle du corps ;

b) la longueur du corps étant supérieure à 23 m/m 5 et inférieure à 37 m/m, rien ne change, sauf la croissance de l'œil en surface et de l'antenne en longueur. L'œil croît plus vite que l'antenne, qui s'allonge aussi vite que le corps.

Cela nous amène à distinguer parmi les très jeunes des individus plus évolués les uns que les autres.

Chez les moins évolués, la longueur de l'antenne est constante, et on observe, par ailleurs, une fusion des facettes. Chez les plus évolués, l'allongement de l'antenne se fait isométriquement ou harmoniquement par rapport au corps. On assiste à un début de multiplication des facettes qui entraîne une augmentation de la surface de l'œil.

2°) La longueur du corps de l'animal étant comprise entre 37 m/m et 55 m/m, celle du pronotum varie de 3 m/m 7 à 8 m/m. L'animal est

jeune, mais selon que son pronotum a une longueur inférieure ou supérieure à 7 m/m, il est moins ou plus évolué. On va en juger.

a) La longueur du pronotum est comprise entre 3 m/m 7 et 7 m/m. La croissance de la tête et celle des organes des sens se fait comme au cours de l'époque précédente. Par contre, la longueur des organes du vol et la largeur de l'abdomen croissent plus rapidement. On voit ainsi que le point 3,7 déjà défini morphologiquement apparaît important à un autre point de vue ;

b) La longueur du pronotum est comprise entre 7 m/m et 8 m/m. C'est l'époque pré-adulte. La croissance de la tête est terminée. Celles de l'élytre, de l'aile, de la largeur de l'abdomen deviennent plus rapides que précédemment et se maintiendront ainsi jusqu'à la fin.

3° L'animal est adulte. Son pronotum a une longueur supérieure à 8 m/m. La croissance des facettes est terminée. En revanche, on observe maintenant une multiplication des dites facettes. C'est la seule donnée qui permette de définir *biométriquement* le point 8, mais, puisque l'animal est adulte, ce point se définit aussi et surtout *morphologiquement*.

c) **Conclusions**

Les considérations précédentes nous montrent que l'évolution d'*Acrida turrita* ♂ se fait en quatre époques de croissance. Les points 2,8 et 5 se définissent morphologiquement, le point 3,9 se définissant biométriquement. Ce dernier revêt une importance considérable, puisqu'il indique le moment où la plupart des paramètres caractéristiques de la croissance changent de valeur. C'est bien à son propos qu'on peut parler de révolution dans l'organisation de l'animal, qu'il s'agisse d'organes sensoriels, thoraciques ou abdominaux. Il permet de distinguer deux catégories de jeunes et nous amène à résumer ainsi l'évolution de l'animal : très jeunes, jeunes faibles, jeunes forts, adultes.

Pour la femelle, les choses sont plus compliquées. Les trois époques définies morphologiquement au début (très jeunes, jeunes et adultes) font place, après de nombreuses considérations biométriques, à cinq, comme on vient de le voir. Les organes des sens ont une croissance telle que la constante d'équilibre change de valeur aux points 2,5 et 8. Les organes thoraciques (ailes) et abdominaux présentent un changement dans la valeur de leurs paramè-

tres aux points 3,7 et 7. Ces quatre points remarquables définissent les cinq époques de croissance.

On voit immédiatement par là que la croissance, d'un point de vue général, est plus rapide et plus simple chez le mâle que chez la femelle. Cela est à rapprocher de ce que nous avons vu à propos de *Mantis religiosa* et fera l'objet du chapitre suivant. Mais avant d'aller plus loin, il faut rappeler ici que nous avons eu affaire, aussi bien pour le mâle que pour la femelle, à des individus d'origine différente. Des différences, sans grande importance, il est vrai, nous ont été révélées selon que les individus étaient originaires de la Corse ou de la Provence. C'est ainsi que le pronotum croît en fonction du corps plus lentement en Corse qu'en Provence, qu'il s'agisse du mâle ou de la femelle. La surface de l'œil du truxale mâle croît plus vite en Provence qu'en Corse. C'est le contraire pour la femelle. La croissance de l'abdomen se fait, ainsi que celle de la tête, de l'antenne, des ailes, de la même façon en Corse qu'en Provence. Toutefois, on remarque que l'abdomen des mâles est plus long et moins large en Corse qu'en Provence. Celui des femelles est plus long et plus large en Corse qu'en Provence.

D'une façon générale, on peut dire que la croissance se fait selon le même processus dans les deux régions ; elle est réglée par les mêmes lois, les petites différences observées pouvant tout de même servir à caractériser l'origine.

TROISIÈME PARTIE

CONCLUSIONS

A. — ETUDE COMPAREE DE LA CROISSANCE BIOMETRIQUE DE DEUX ORTHOPTERES : *ACRIDA TURRITA ET MANTIS RELIGIOSA*

A plusieurs reprises, au cours de l'étude du truxale, nous avons noté des analogies et des différences avec ce que nous avions vu à propos de la Mante. Il est naturel de procéder, maintenant que nous avons terminé l'étude de chacun d'eux, à une comparaison. Comme il s'agit de deux espèces différentes, pour chaque organe, nous comparerons les mâles entre eux, les femelles entre elles. Au reste, les tableaux XII et XVII faciliteront pareille comparaison. Il suffit de s'y reporter (pages 82 et 122).

a) Les mâles

Certains organes ont une croissance plus rapide chez la *Mante* que chez le *Truxale*. Pour d'autres, c'est le contraire. Enfin, on constate qu'il y a des organes soumis exactement aux mêmes lois chez les deux Orthoptères qui nous intéressent.

C'est ainsi que la tête et l'antenne ont une croissance plus rapide chez *Mantis religiosa* que chez *Acrida turrita*. Pour les organes du vol, c'est le contraire qui a lieu. Cela est d'ailleurs bien compréhensible ; en effet, tandis que chez le *Truxale*, leur évolution se fait en deux temps seulement, chez la *Mante* on en observe trois.

La croissance de la surface de l'œil se fait selon la même loi mathématique (identité de la constante d'équilibre). Toutefois, chez le *Truxale* on observe d'abord une fusion des facettes, puis brusquement une multiplication active. Chez la *Mante*, il n'en va pas de même. Rappelons que nous avons bien vu une fusion des facettes au début, elle est suivie d'une multiplication lente qui ne deviendra active comme chez le *Truxale* que lorsque l'animal sera adulte. Donc, malgré l'identité apparente, la croissance de la surface de l'œil se fait moins vite chez la *Mante* que chez le *Truxale*.

Enfin, l'abdomen a une croissance identique chez les deux.

On peut résumer ces différences ainsi : la croissance des organes est, en général, plus rapide chez *Acrida turrita* ♂ que chez *Mantis religiosa* ♂. Font exception à cette règle l'abdomen, comme on vient de le voir, la tête et l'antenne qui atteignent plus rapidement leur état définitif chez la *Mante*. Ce dernier point indique une importance plus grande, dans la vie de cet insecte, de l'organe de l'olfaction. Chez le *Truxale,* bien que l'allongement de l'antenne soit plus lent que chez la *Mante,* il est tout de même appréciable et manifestement plus rapide que la croissance de l'œil. Nous constatons de même que les organes du vol, aussi bien chez l'un que chez l'autre des deux orthoptères, croissent plus vite que les autres organes.

Cela nous amène donc à citer, en définitive, *comme caractère commun aux mâles, le fait que la croissance de l'antenne, de l'élytre et de l'aile se fait plus rapidement que celle des autres organes.*

b) Les femelles

La comparaison est ici plus aisée. En effet, l'abdomen, la tête, l'œil, l'antenne ont une croissance plus rapide chez la *Mante* que chez le *Truxale.* Pour les organes du vol, c'est le contraire qu'on observe, mais c'est la seule exception à la règle qu'on peut énoncer ainsi : dans l'ensemble, la croissance de *Mantis religiosa* ♀ se fait plus rapidement que celle de *Acrida turrita* ♀.

Pour compléter pareille comparaison, il nous faut faire état d'une ressemblance. En consultant attentivement les divers graphiques, et surtout les tableaux XII et XVII, on voit que *chez l'une comme chez l'autre, l'œil, l'élytre et l'aile présentent une croissance plus rapide que celle des autres organes.*

c) Conclusions

L'étude que nous avons faite nous a conduit, en appliquant la loi générale de dysharmonie :

$$y = K\, x^{\alpha}$$

à fragmenter l'évolution de chacun des deux Orthoptères en un certain nombre d'époques de croissance. Il n'est pas le même dans les deux cas. Il n'est pas le même chez les mâles et chez les femelles. Des considérations biologiques et morphologiques nous permettent d'établir une équivalence entre les divers points remarqua-

bles correspondant aux moments critiques de l'évolution (Tableau XIX).

TABLEAU XIX

♂	Mantis religiosa	7,5	11,3	13	
	Acrida turrita	2,8	3,9	5	
♀	Mantis religiosa	9	10	13	15
	Acrida turrita	2,5	3,7	7	8

Chez les mâles, il y a évidemment équivalence entre les points 13 et 5, puisque c'est là l'origine de la période adulte De même les points 7,5 d'une part, et 2,8 d'autre part, marquent le passage des « très jeunes » aux « jeunes ». Enfin, les points 11,3 et 3,9, qui séparent les « jeunes forts » des « jeunes faibles », chez la *Mante* comme chez le *Truxale,* sont équivalents. Le point 3,9 est toutefois relativement, plus important que le point 11,3. En effet, chez *Acrida turrita* ♂ avant l'état adulte, la croissance de *tous* les organes a pris son allure définitive et cela à partir du point 3,9. Il n'en est pas de même, comme on l'a vu, pour *Mantis religiosa* ♂.

Chez les femelles, les points 15 et 8 marquent le moment où l'animal devient adulte. De même les points 10 et 3,7 séparent les « très jeunes » des « jeunes ». Enfin, les points 9 et 2,5 d'une part, 13 et 7 d'autre part, sont équivalents pour des raisons biométriques déjà indiquées surabondamment au cours des différents chapitres.

Certains organes croissent plus vite, d'autres moins vite, selon qu'il s'agit de l'une ou de l'autre espèce, mais il se dégage de cette étude des ressemblances et des différences que nous résumerons ci-dessous en quelques lignes.

Mâles	ressemblance : *antenne* et ailes croissent plus vite que les autres organes
	différence : le Truxale croît plus vite que la Mante
Femelles	ressemblance : *œil* et ailes croissent plus vite que les autres organes
	différence : la Mante croît plus vite que le Truxale

Cela, d'ailleurs, constitue un nouvel apport à l'étude des variants biométriques du sexe.

B. — DISCUSSION ET CONCLUSIONS GENERALES

Les conclusions relatives à chaque organe ont été formulées à la fin de chaque chapitre. On en a fait une synthèse pour servir de conclusion générale à l'étude de la mante religieuse. Un travail analogue a été fait pour le truxale. Enfin, nous avons fait une comparaison des deux espèces. Le moment est venu de procéder à une vue d'ensemble, en laissant de côté les détails secondaires. Ce dernier travail ne sera pas inutile. Il ne nous conduira pas à des redites superflues, mais à formuler des conclusions générales.

On a vu que la croissance n'est pas un phénomène simple. Il est soumis à l'influence de nombreux facteurs qui provoquent des changements morphologiques quelquefois inattendus. Est-il nécessaire de rappeler qu'on ne peut à peu près jamais parler de continuité dans la croissance ? Si cela était, il suffirait de rappeler l'exemple classique des proportions variables de la tête de l'enfant et de l'adulte, ou encore la véritable *crise* de croissance qui se produit au moment de la puberté. De nombreuses observations dans le même ordre d'idées ont conduit les auteurs à quelques recherches quantitatives, d'abord hésitantes quant aux résultats. Peu à peu la notion scientifique de croissance dysharmonique s'est établie. Les nombreux travaux de Huxley ont abouti à une formule, confirmée ensuite surabondamment par Teissier, Bernard et bien d'autres, comme nous le disions plus haut, confirmation qui l'ont rendue classique et fondamentale. Rappelons que des travaux analogues ont été faits sur les végétaux (Prat, et d'autres). Enfin, l'utilisation des coordonnées logarithmiques s'est avérée comme la *meilleure technique* à employer dans la construction des courbes de croissance, car elle facilite considérablement leur interprétation.

Notons que la Biologie mathématique n'a pas suscité, dans ses débuts, l'intérêt qu'on pouvait espérer ; on la considère en général comme prématurée. C'est ainsi que Kostitzin (1937) disait : « Tout « le monde est d'accord sur le droit de cité des nombres dans les « Sciences Naturelles, mais dès qu'il s'agit de raisonner sur ces « nombres, on rencontre une résistance, une répugnance ». Il se gardait, d'ailleurs, d'en faire grief aux naturalistes, puisqu'il ajoutait que « cette résistance ne provient pas toujours de l'étroitesse d'es- « prit, du conservatisme ». Il nous semble que cela tient au fait que certains ne voient dans la Biologie mathématique qu'une curiosité. Nous avons vu à propos de l'étude de la dysharmonie, que

cette science permet, par ses méthodes de recherches, des investigations très poussées amenant à formuler des interprétations nouvelles de phénomènes importants.

Conséquences morphologiques de la dysharmonie.

La forme des organes est, en général, le résultat d'une croissance de taux variable dans les diverses directions. C'est ainsi que la corne du rhinocéros doit sa forme conique et incurvée à la croissance dysharmonique de diverses génératrices. Sans cette dysharmonie tout porte à croire que la corne aurait eu une forme cylindrique. Huxley, le physiologiste anglais (1930), explique de même les variations chez des Ammonites et, d'une façon plus générale, détermine mathématiquement (après d'Arcy Thomson), la forme des coquilles des Mollusques. On pourrait multiplier les exemples, mais la conclusion serait toujours aussi simple qu'importante, savoir que l'étude des *croissances dysharmoniques permet d'analyser les changements de forme.* L'auteur anglais, que nous citions plus haut, ne dit-il pas : « Thus the essential growth « mecanism underlying the auxo-differentiation stage of develop- « ment of a single appendage (chela, vertebrate limb) a serie of « appendages (hermit-crab, stag-beethe), a region of the body « (brachyman abdomen), a rhinoceros horn, a vertebrate tooth, « or a molluscan shell, are all of the same fundamental nature ».

Les conséquences morphologiques de la dysharmonie chez les animaux sont très nombreuses. De plus, elles peuvent, dans certains cas, être d'une importance capitale, car elles se rattachent à des phénomènes en quelques sorte fondamentaux. Ceux-ci appartiennent à deux catégories principales : différences sexuelles et différences systématiques. Citons encore pour la première, l'exemple, aujourd'hui classique, des pinces des mâles et de l'abdomen des femelles des Crustacés, la réduction de la crête dorsale de *Triton cristatus* et d'une façon générale les variants sexuels chez les Batraciens. Les Insectes, comme on l'a vu, nous fournissent une grande richesse d'exemples dans cet ordre d'idées.

Les exemples relatifs aux différences systématiques sont tellement abondants qu'on ne peut les citer tous. Nous pensons aux oiseaux à ailes atrophiées, aux oiseaux des îles, aux pattes des Ongulés, à la réduction des yeux de certains Insectes, celle-ci particulièrement étudiée par Bernard.

Certaines dysharmonies, sans conséquences morphologiques

importantes, peuvent avoir des répercussions physiologiques. Il est évident que le taux de croissance des différentes parties de l'œil doit être parfaitement réglé pour assurer la coïncidence de l'image et de la rétine. Les anomalies comme la myopie, l'hypermétropie, l'astigmatisme n'ont pas d'autres causes qu'une ou plusieurs dysharmonies qui altèrent les proportions de l'organe oculaire.

Le dimorphisme sexuel résulte très souvent des dysharmonies de croissance qui atteignent un même organe avec des taux différents dans les deux sexes. Tel le cas des *Dynastes,* et de tant d'autres Insectes dont les « cornes » thoraciques ou céphaliques diffèrent considérablement du mâle à la femelle, des Crustacés Décapodes remarquables par la différence de taille et de forme de leur abdomen et de leurs appendices ; des Tritons dont les mâles sont en période sexuelle ornés de crêtes, de palmatures qui restent rudimentaires chez la femelle ; des ailes développées dans un sexe, des antennes si différentes chez le mâle et la femelle des Culicides, de la crête du coq et de la poule, etc. . , etc. . .

Les conséquences morphologiques se traduisent donc par des modifications locales du métabolisme, mais aussi par des modifications générales. Nous signalons dès à présent qu'il est incontestable que les causes lointaines résident dans le développement des glandes à sécrétions internes, celui de l'hypophyse conditionnant celui de la thyroïde, par exemple, celle-ci réglant à son tour l'accroissement des os longs.

Croissance post-imaginale.

Chez les Insectes, la croissance est très généralement terminée après la mue imaginale, même dans le cas des Hémimétaboles. On observe, toutefois, des adultes de taille différente, ce qui a conduit Teissier à parler de « dysharmonies de taille ». C'est le moment de rappeler que la croissance entre les mues est possible chez les Arthropodes. Elle est peu importante au moins chez les Insectes. La croissance se fait en général *sous* la cuticule pour ne devenir apparente qu'au moment de la mue. Or, justement, nous avons constaté que les individus les plus grands témoignent d'une évolution plus avancée. Les plus petits sont donc moins évolués. D'où la conclusion : *La mue imaginale interrompt la croissance à une période qui n'est pas toujours rigoureusement la même.* Si cela est exact, les mesures « post-imaginales » doivent se raccorder aux précédentes. C'est précisément ce qui arrive. La croissance est

plus prolongée chez les grands que chez les petits. Les courbes post et pré-imaginales se raccordent. La mue imaginale ne se produit pas au même moment. Nous sommes amenés à une notion tout à fait nouvelle, à laquelle nous avons fait allusion : *celle de la fluctuation possible de la rue imaginale.* Elle est d'ailleurs en accord avec des faits connus depuis peu de temps. On est à peu près certain de l'origine hormonale de la mue et on sait que les hormones ont leur origine dans des organes annexés au cerveau : *corpora alata.* Mue et croissance sont des phénomènes distincts liés sans doute assez lâchement. Les *corpora alata* semblent fonctionner d'une façon cyclique, mais chacun des cycles ne correspond pas exactement à une phase bien définie de la croissance.

Une revue rapide de la croissance des organes principaux des deux Orthoptères étudiés nous montre tout d'abord que la longueur du pronotum reste directement proportionnelle à celle du corps quels que soient l'âge, le sexe et l'origine géographique. La tête a, en général, une croissance plus lente que le corps. Chez *Mantis religiosa* elle se présente comme une parfaite illustration de la phrase de TEISSIER : « En même temps qu'un Arthropode augmente de dimensions, sa forme et sa structure se modifient ». Nous avons pu, en effet, définir le changement de *physionomie* observé au cours de l'évolution de l'Insecte, changement caractérisé par les variations d'écartement des yeux, de la longueur de la tête et de la surface de l'œil. La forme de la tête à un instant donné est le résultat de la croissance particulière de ses différents segments. Quand leurs rapports entre eux changent de valeur, la forme se modifie.

L'étude biométrique de la croissance de l'abdomen nous révèle un variant sexuel important. L'observation directe montre chez le mâle un abdomen beaucoup moins volumineux que chez la femelle et on attribue cela avec juste raison au rôle de reproduction de celle-ci. Nous sommes en mesure d'apporter des précisions supplémentaires. Nos courbes ont démontré chez les Orthoptères étudiés que la *croissance de cet organe, lente d'abord, quel que soit le sexe, devient très rapide chez la femelle à l'instant même où elle s'achève chez le mâle, ce qui entraîne manifestement un dimorphisme remarquable.*

L'œil et l'antenne apparaissent comme des organes complémentaires. On l'a vu lors de la comparaison de la Mante et du Truxale. Leur sort est, en outre, lié à celui des organes du vol.

Elytre et aile présentent une croissance discontinue. On pensait qu'elles étaient sous la dépendance du système nerveux. Nous avons vu que la rapidité de la croissance de l'élytre et de l'aile est à rapprocher de celle de la croissance d'un organe des sens (œil pour la femelle, antenne pour le mâle).

Enfin, rappelons l'importance de la patte ravisseuse, caractéristique biométrique de certains moments critiques, chez *Mantis religiosa* ♂.

L'étude des gradients de croissance au cours de chaque époque, nous conduit à énoncer en règle générale une prédominance marquée d'un organe des sens et des ailes (élytres et ailes proprement dites) sur les autres organes. En outre (fait important), la croissance générale du corps apparaît globalement plus rapide chez le mâle que chez la femelle.

Epoques de croissance.

Tout ce travail repose sur l'application de la loi générale de dysharmonie :

$$y = K x^{\alpha}$$

Les paramètres (ordonnée à l'origine et constante d'équilibre) sont variables avec le sexe, l'espèce et l'origine géographique. Ils sont aussi variables avec l'organe considéré et peuvent même changer de valeur pour un même organe au cours de l'évolution de l'insecte. Ces changements de valeur définissent des points remarquables qui permettent de délimiter des *époques de croissance.* Cette nécessité de fragmenter la vie d'un animal a été mise en évidence par Kostitzin : « Le développement d'un organisme ou bien « la croissance d'un caractère quelconque du corps ne peut pas « être représenté par une équation ou une formule unique. Il faut « subdiviser ce processus en plusieurs parties (par exemple, pour « l'homme : stade embryonnaire, allaitement maternel, enfance, « adolescence, maturité sexuelle, vieillissement) et représenter cha- « que partie par une équation appropriée ». Cette délimitation des époques de croissance n'est pas absolument rigoureuse. En effet, à une même dimension du corps peuvent correspondre deux dimensions différentes de l'organe considéré. Mais « suivant les « individus et suivant les circonstances, le passage de l'état adoles- « cent à l'état adulte se produira plus ou moins tôt, toujours de « façon brusque, l'animal passant sans transition d'un premier « équilibre à un deuxième essentiellement différent » (Teissier).

Quoi qu'il en soit de l'importance relative des époques de croissance et de la précision de leurs limites, la mue demeure, à cet égard, le phénomène le plus important. Appliquons ces données à nos Insectes.

Les points de dysharmonie. — Leur groupement chez les Insectes.

Nous sommes naturellement conduits à insister sur les *groupements* véritablement remarquables des points de dysharmonie. Comme le montrent les tableaux XII et XVII, ces groupements permettent d'établir des différences, non seulement sexuelles, mais encore spécifiques. Inutile de revenir en détail sur cette question longuement analysée après l'étude de chacun des deux Orthoptères. Qu'il nous suffise d'insister sur l'importance du fait. Jusqu'à présent, il n'a pamais été fait mention de choses analogues. *Nous sommes donc en présence d'une notion, sinon nouvelle, du moins sur laquelle on n'a certainement pas assez insisté.*

Chez les Insectes où les changements ne s'extériorisent qu'au moment des mues, il est naturel que les dysharmonies soient visibles à l'instant des mues. Cela ne peut préjuger de l'époque réelle de leur apparition, qui a pu se placer à un instant quelconque entre deux mues. Cependant, le groupement en nombre assez élevé au moment de certaines mues est l'indice d'un remaniement important dans l'organisme, caractéristique des intermues précédentes. C'est pourquoi nous attirons l'attention sur les groupements des points 11,3 pour *Mantis religiosa* ♂, 13 pour *Mantis religiosa* ♀, 3,9 pour *Acrida turrita* ♂ et 7 pour *Acrida turrita* ♀. A notre sens, chacun d'eux est l'indice d'une certaine révolution se plaçant entre les mues. Or, il y a, chez les Insectes, une semblable révolution bien connue : c'est la métamorphose. Les grandes périodes de dysharmonies de nos Orthoptères ont-elles quelque rapport avec la métamorphose ? C'est ce que nous voulons discuter.

Les métamorphoses.

Les métamorphoses sont des crises de dysharmonie de croissance, multiples et plus ou moins synchrones. Toute une partie d'un organisme cesse brusquement de se développer, tandis que le reste entre non moins brusquement en croissance et en différenciation. Tel est le cas des Echinodermes où le pluteus cesse de s'accroître, tandis qu'une région très limitée de ses tissus se déve-

loppe en un organisme nouveau qui n'emprunte au précédent qu'une faible partie de ses organes.

En dehors de ces extrêmes et se rapprochant davantage des Insectes, signalons brièvement le cas des Batraciens anoures, où le déterminisme est connu depuis longtemps. Nous savons fort bien que l'hormone thyroïdienne provoque brusquement la métamorphose. (Expérience : injection d'extrait de thyroïde à des têtards). Or, celle-ci est une *crise* de dysharmonie de croissance. Les bourgeons des pattes, au moins des antérieures, jusque-là assez somnolents, mais cependant existants, commencent à s'accroître et à se différencier. Il en est de même, comme nous le disions plus haut, de différentes parties du squelette, de la caisse du tympan — celle-ci plus tardivement. Il y a même des croissances *négatives* : l'intestin, si long chez les têtards, se raccourcit sensiblement, enfin la queue, non seulement cesse de s'accroître, mais sa longueur absolue diminue et finit par s'égaler à zéro. Il n'est presque pas un organe qui ne soit touché par cette crise organique, véritable révolution où beaucoup d'individus succombent.

Revenons à nos Insectes. Les Holométaboles, ou Insectes à métamorphoses complètes, subissent une crise comparable à celle des Batraciens ; les ailes, les pattes représentées jusqu'à la métamorphose par des amas cellulaires ou disques imaginaux, se développent assez brusquement. De semblables disques accroissent ou modifient le tube digestif ; d'autres amas de cellules embryonnaires renouvellent l'épithélium de l'intestin ; tout cela est trop classique pour que nous y insistions.

Un détail seul est essentiel à notre point de vue actuel. Nous connaissons le résultat *complet* du travail de la métamorphose *après* la mue imaginale ; mais ce travail, résultat des dysharmonies, remonte à la période qui précède la *mue nymphale* ou même avant. En effet, dès ce moment, les ailes, les appendices sont déjà formés. Cependant, les ailes n'ont pas encore, en général, leurs dimensions définitives.

Cette période pré-nymphale est même la plus importante. Chez les Hyménoptères (Fourmis), pour prendre un exemple précis, c'est l'époque où les œnocytes prolifèrent, la tête définitive et les appendices se constituent, les muscles définitifs commencent leur développement, les ganglions nerveux entrent en coalescence, enfin les ailes prennent un grand accroissement et les appendices leurs formes presque définitives. Le résultat, en ce qui con-

cerne les formes extérieures, les ailes et les appendices, apparaît à la mue nymphale.

La phase qui, de la mue nymphale nous conduit à la mue imaginale et par conséquent à l'adulte, comporte *de moindres transformations*. Les muscles des pattes acquièrent leur état définitif, les glandes à venin, l'œsophage se développent et se modifient. Les muscles thoraciques acquièrent leur structure et leur disposition définitives. Ceci s'accorde bien avec la dernière manifestation de la métamorphose. Dès la mue imaginale, les ailes un peu froissées dans leur étui trop court et trop étroit, se déploient et s'allongent.

En définitive, le grand travail se placé avant la mue nymphale.

Le cas des Orthoptères.

Rien de tel en apparence chez nos Orthoptères. Ces Insectes sont des Hémimétaboles ou « à *Métamorphoses progressives* ». Pourtant, il faut considérer les choses d'un peu plus près.

La mue imaginale de la Mante, comme celle de tous les Insectes, correspond évidemment à celle des Holométaboles ; elle marque la fin de la croissance et, pour prendre un organe bien apparent, la fin de la croissance des ailes. (Cette dernière mue se situe, pour le mâle, au stade 13 ; pronotum de 13 $^{m}/_{m}$ de longueur). (Voir tableau XII, page 82). La mue précédente se place au stade 11,3. Un simple coup d'œil sur le tableau montre que cette mue extériorise de nombreuses dysharmonies de croissance, plus qu'aucune autre mue. Le paramètre α de l'élytre passe de 1 à 2, ce qui veut dire que la vitesse de croissance a doublé pendant la période prénymphale ; d'harmonique elle est devenu dysharmonique majorante. Au contraire, la croissance du même organe pendant la période suivante redevient presque harmonique, ce que nous constatons au moment de la mue imaginale. Il est remarquable que dans l'ensemble, l'aile se comporte d'une façon un peu différente et que sa plus faible croissance se place précisément à l'instant où celle de l'élytre est la plus forte.

Chez la femelle, la mue imaginale se place au stade 15. Elle intéresse évidemment l'aile et l'élytre. Ici encore, ces deux organes ne se comportent pas de même. L'élytre est à croissance harmonique jusqu'au stade 13, après lequel nous constatons que le taux de croissance a beaucoup plus que doublé. Il n'en est pas tout à fait ainsi de l'aile, qui croît d'abord assez vite, mais qui cependant présente au stade 13 un accroissement sensible de vitesse.

En définitive, il y a des variations suivant les espèces et les sexes ; mais dans l'ensemble, nous devons constater qu'il se produit avant la mue 11,3 chez le mâle et 13 chez la femelle un brusque accroissement de la vitesse ; d'harmonique, la croissance est devenue dysharmonique. Cette croissance dysharmonique se continue dans l'intervalle entre l'avant-dernière mue et la dernière, mais moins accentuée. En somme, la croissance des ailes et des élytres présente la même allure que chez les Holométaboles.

Nous croyons donc, si on assimile les mues imaginales des Holométaboles et de la Mante, ce qui semble peu discutable, *pouvoir considérer la mue* 11,3 de *Mantis religiosa* ♂ *et la mue* 13 *de la femelle comme représentant la mue nymphale des Insectes à métamorphoses complètes.* Celles-ci seront caractérisées par l'extériorisation d'un nombre assez élevé de dysharmonies parmi lesquelles celles des ailes tiennent le premier rang.

Mettons en regard le cas du Truxale. Cet Orthoptère appartient à une tribu différente de celle des Mantides, de telle sorte qu'il faut s'attendre à des faits un peu différents. La mue imaginale du mâle se place au stade 5. Elle extériorise pour l'élytre une forte dysharmonie ($\alpha = 9{,}1$).

La mue précédente, située au stade 3,9, montre que cette dysharmonie avait commencé à se manifester bien avant cette époque et avec le même coefficient élevé ; ce qui contraste singulièrement avec la lente croissance des périodes précédant le stade 3,9 ($\alpha = 1{,}5$). En ce qui concerne l'aile, les faits sont encore bien plus significatifs. A très peu près harmonique pendant la période de jeunesse, la croissance devient, avant le stade 3,9, à peu près douze fois plus rapide ; et ce taux se conserve pendant la période qui précède la mue imaginale.

Chez la femelle, les faits sont analogues à ce qui a été observé chez *Mantis religiosa* ♀ et la croissance apparaît plus ménagée que chez le mâle. Cependant, la mue 3,7 nous fait passer pour l'élytre d'une valeur de 0,4 de la constante d'équilibre (croissance dysharmonique minorante) à une valeur égale à 2,8 qui atteindra brusquement 5,1 lors de la mue du stade 7. Ce taux se conserve pendant la période qui précède la mue imaginale.

Dans le cas de l'aile, nous passons successivement de 0,4 à 2,8 et à la valeur considérable de 11,6 (stade 7) qui, elle aussi, se conserve pendant la période qui précède l'éclosion de l'adulte.

Sans autre discussion, il semble que nous sommes fondés à considérer la mue 3,9 du mâle et la mue 7 de la femelle comme représentant la mue nymphale, et nous lui donnons ce nom.

Cette conclusion, nous devons cependant le remarquer, est en contradiction avec la terminologie admise jusqu'ici d'après laquelle on appelle nymphe l'hémimétabole possédant déjà des moignons d'ailes.

Même si notre interprétation ne devait pas être retenue, même s'il fallait reculer jusqu'à l'apparition des moignons, la véritable mue nymphale, il resterait vrai cependant que la période qui précède chez nos Orthoptères les mues 11,3 du mâle et 13 de la femelle de la Mante ; 3,9 du mâle et 7 de la femelle du Truxale, présentent une accumulation singulièrement remarquable de crises de dysharmonies, comparable à celles qui se produisent avant la mue nymphale chez les Holométaboles.

Nous pensons donc que la métamorphose telle qu'on la connaît parmi les Hyménoptères, les Lépidoptères et autres Insectes est, dans une certaine mesure, **amorcée** *chez les Orthoptères.* Elle est moins visible, moins brutale, mais elle n'en existe pas moins. Les termes de Hémimétaboles, Insectes à métamorphoses incomplètes, partielles, sont donc à peu près justifiés, bien qu'ils ne reflètent pas très exactement les réalités du phénomène. Nous préférerions celui de *métamorphoses progressives* qui rappellerait ce fait que les modifications qui nous font passer de la larve à l'adulte ont dû, dans la série des générations, se bloquer progressivement à une certaine période et se produire toutes à la fois.

Causes de l'apparition des points de dysharmonie.

Dans les organismes, les différentes parties sont solidaires les unes des autres, plus étroitement d'ailleurs dans les types les plus évolués. On peut se faire une représentation schématique des conséquences physiologiques de cette interdépendance ; au point de vue de la croissance, il s'établit entre les parties une sorte de « modus vivendi » tel que chaque partie s'accroît dans un rapport *fixe* et précis, avec chacune des autres et aussi avec le tout. Si rien ne changeait, il n'y aurait aucune raison pour que les taux de croissance se modifient et que la dysharmonie se manifeste. Il n'en est pas ainsi, toute apparition d'une dysharmonie de croissance est donc forcément le résultat d'une modification, proche ou lointaine,

de l'organe où elle se produit, locale ou générale et qu'on doit pouvoir mettre en évidence.

En fait, la connaissance des hormones de croissance a mis en relief un certain nombre d'exemples précis. Nous savons que, chez les Vertébrés, la thyroïde secrète une hormone de croissance ; celle-ci a pour effet, notamment, de maintenir le taux de croissance des os longs au niveau d'une valeur bien définie. En effet, l'hypothyroïdie chez l'enfant se manifeste par un retard considérable de l'allongement des os longs et un manque d'ossification. C'est donc la croissance des cartilages de conjugaison qui est touchée. Dans le même ordre de faits, on observe une dentition tardive et imparfaite ,un retard dans le développement des organes reproducteurs et bien d'autres choses encore. De même, l'hypersurrénalisme, provoque un développement précoce et anormal des organes génitaux principalement dans le sexe femelle avec réalisation d'une sorte de pseudo-hermaphrodisme. Ainsi, la croissance relative des deux moitiés de la double ébauche des annexes génitales des Mammifères se trouve profondément modifiée sous l'influence d'une hormone surabondante. De même encore, le gigantisme, c'est-à-dire une croissance anormalement rapide et prolongée, est rapportée à une hypertrophie hypophysaire antérieure ; ici, c'est encore l'équilibre entre la croissance des cartilages de conjugaison et celle du tissu osseux qui est rompue.

On pourrait citer d'autres exemples ; qu'il nous suffise d'avoir rappelé que le taux de croissance normale de l'organisme est réglé par des influences bien connues et que toute modification dans la valeur de ces facteurs se traduit par une dysharmonie parfois très importante.

Tout cela est particulièrement évident dans le domaine des caractères sexuels secondaires, du moins de ceux qui subissent l'influence directe des gonades et surtout dans les cas où ces caractères subissent des variations cycliques. On sait parfaitement que les callosités des pouces des grenouilles mâles, les bois des cerfs et tant d'autres choses subissent des variations de croissance, positives ou négatives, qui suivent exactement le cycle génital. *Toute dysharmonie a donc sa cause bien définie.*

Mais si le déterminisme des cas précédents est assez bien élucidé, il n'en est pas toujours de même. Il peut arriver que la cause soit si lointaine qu'il faille remonter à l'œuf en segmentation pour la découvrir. Tel l'exemple de l'asymétrie des Gastéropodes

rappelé plus haut. Elle est due au manque de croissance d'un côté. La torsion est due au développement beaucoup plus important d'un seul des deux blastomètres, l'autre pouvant même disparaître. Enfin, l'exemple de Crampton avec ses deux physes, l'une dextre, l'autre senestre, permet de penser que cette dissymétrie *inscrite* dans l'œuf est conséquence d'une dysharmonie. Encore l'asymétrie du blastomètre D aurait-elle besoin d'une explication. Il est aussi des caractères de sexualité qui semblent indépendants des gonades (Insectes, probablement Crustacés, Oligochètes), qui sont inscrits dans le patrimoine héréditaire et dont le développement est cependant plus ou moins tardif. A une certaine époque, leur ébauche s'accroît brusquement, la dysharmonie qui en résulte a une origine tellement lointaine qu'il est pour l'instant presque illusoire de la rechercher.

Hormones et dysharmonies.

Nous avons parlé d'organes dont le développement s'arrête, puis reprend quand les facteurs nécessaires sont réalisés.

N'est-ce pas le cas de la métamorphose des Batraciens et des Insectes ? Pour les premiers, la question est à peu près éclaircie ; pour les seconds, elle est seulement en voie d'éclaircissement.

Les disques imaginaux apparaissent très tôt, et il faudrait une analyse du dynamisme de l'œuf pour en rendre compte. Nous n'en sommes pas là. Ils reprennent leur croissance et leur différenciation à la métamorphose. Ici, le problème se divise en deux autres ; quel est le facteur qui déclenche le développement des disques ? Quel est celui qui détermine la mue imaginale et arrête le développement ? Nous croyons à cette dualité et les travaux récents confirment cette hypothèse.

Mues et hormones.

Wigglesworth constate que *Rhodnius* (Hémiptère de grande taille de l'Amérique du Sud) décapité continue à vivre, mais ne mue plus. Mis en parabiose avec un autre individu décapité également, *mais près de sa mue,* le premier mue bientôt en même temps que le second. Donc, le facteur déterminant des mues est d'origine céphalique ; ce serait une hormone prenant naissance dans les *corpora allata.* D'autre part, en mettant en parabiose un individu tout près d'effectuer sa mue *imaginale* avec un individu jeune, le premier mue, mais sans donner d'adulte. Ce n'est pas une mue

imaginale (Wigglesworth) ; la vie, la structure et la croissance larvaires sont prolongées (Wigglesworth). Il y aurait donc, chez les jeunes, un facteur capable d'inhiber la mue *imaginale,* mais non les précédentes. Et, en effet, toujours d'après le même auteur, l'*allatacorporectomie* provoque chez le *jeune* une métamorphose anticipée.

Toujours chez *Rhodnius,* Wigglesworth montre que de jeunes nymphes décapitées subissent la mue imaginale prématurée, si on leur greffe des *corpora allata* prélevées sur une vieille nymphe. Il conclut donc : il y a chez le jeune un facteur qui inhibe la mue imaginale et il serait également d'origine céphalique. Nous dirons en d'autres termes : *il y a chez la larve et la nymphe un facteur qui détermine les mues ordinaires et un autre qui leur enlève le caractère imaginal.* Il est utile, cependant, de rappeler que Bounhiol (1938) n'a pas confirmé ces résultats en tous points (ver à soie).

Mais, qu'est-ce donc que la métamorphose, sinon une accumulation de dysharmonies de croissance, dont l'effet est interrompu brusquement. Or, l'*hormone inhibitrice disparaît au moment où se produit cette interruption.* De là à mettre sur le compte de cette hormone l'apparition des dysharmonies de nymphose, il y a peu de distance, encore que ce pas soit peut-être trop vite franchi.

Cependant, il faut rappeler en faveur de cette hypothèse les travaux de Piepho (1938-1939). D'après cet auteur, en greffant dans le corps adipeux de *Galleria,* décapitée, des morceaux de peau de larve, ces fragments subissent le sort du porte-greffe. Si la larve porteuse est décapitée jeune, elle ne se métamorphose pas et le greffon conserve son apparence larvaire ; mais si on laisse le porte-greffe se métamorphoser, le greffon prend l'aspect et la structure de la peau d'adulte. Donc, il y a une hormone qui détermine les modifications structurales et de croissance, caractéristiques de la métamorphose. La question est seulement de savoir si elle s'identifie avec l'hormone inhibitrice. Si elle en est différente, il y a quelque chance pour qu'elle soit contrôlée par cette action inhibitrice.

Généralité de la dysharmonie. — Sa signification biologique.

Il nous reste quelques suggestions à présenter. La dysharmonie de croissance se présente d'abord comme une singularité, une curiosité plus ou moins spéciale à certains types d'animaux. En fait, si on veut bien y réfléchir, il n'en est pas ainsi. Songeons

d'abord aux nombreuses dysharmonies déjà étudiées et mesurées, ou simplement signalées, sans même qu'on ait pensé à leur signification.

Le développement de tous les êtres est une suite ininterrompue de dysharmonies ; partout nous trouvons des blastomères qui attendent, avant de se multiplier, des ébauches qui se constituent, s'arrêtent dans leur développement, puis reprennent leur croissance et leur différenciation ; partout on décrit à la base des épithéliums des cellules indifférenciées qui attendent le moment de remplacer les éléments actuellement fonctionnels ; partout enfin, on connaît des organes à développement cyclique dont la vie n'est qu'une suite de dysharmonies alternatives majorantes ou minorantes. Nous citerons au hasard les bandes mésodermiques des trochophores qui attendent, inertes, l'allongement rapide de la larve ; les annexes génitales des Vertébrés qui ne terminent leur développement, n'acquièrent l'état fonctionnel qu'après l'achèvement des gonades ; les cornes des Ruminants qui préexistent si longtemps à l'état de nodule osseux ; les pattes antérieures des Anoures qui persistent à l'état de bourgeons, alors que les postérieures se développent rapidement ; l'avance énorme prise par la tête et l'encéphale des Vertébrés sur le reste du corps ; les processus compliqués de la métarmorphose des Batraciens Anoures qui attendent, pour se déclencher, l'achèvement de certaines glandes à sécrétions internes. On pourrait ajouter d'autres exemples que chacun trouvera facilement en puisant dans ses connaissances embryologiques.

Pourquoi ces développements rapides, ces arrêts, ces reprises, ces discontinuités génératrices de dysharmonies de croissance ? A l'époque où l'on croyait à l'*évolution* de l'œuf au sens étymologique du mot, à la *prédétermination* de toutes les parties du germe, ou même à une *mosaïque* rigide et complète, ces faits auraient pu surprendre. Aujourd'hui, nous savons que la part d'épigénèse dans le développement de l'œuf et de l'embryon est considérable. Il y a peu de chose qui soit préformé, autodifférenciable dans l'œuf ; par contre, il y a, dans le plasma ovulaire, des parties autodifférenciables capables, *en outre,* d'induire le développement d'autres organes. Ceux-ci deviennent inducteurs à leur tour, réagissent sur les organes déjà formés, de telle sorte que le développement tout entier apparaît comme une série de *développements partiels qui se conditionnent de proche en proche.* Chaque partie doit son existence à une impulsion qui lui vient d'une autre partie préexistante

de l'embryon. Cette impulsion est, du reste, souvent combinée à une détermination préalable, mais partielle, du matériel qui lui donna naissance.

La conséquence est facile à concevoir, chaque organe doit *attendre* que les conditions nécessaires à son développement soient réalisées comme la conséquence du développement déjà effectué par l'embryon. Or, justement, induction et prédétermination d'un territoire ne sont pas synchrones. Ainsi, le déterminisme de la croissance générale et celui des mues n'est donc sans doute pas le même. Plus généralement, les conditions d'apparition d'un organe ne sont pas obligatoirement identiques à celles que conditionnent son achèvement (l'histoire des annexes génitales des Vertébrés est assez démonstrative à cet égard). D'où ces irrégularités dans la courbe du développement d'un organe quelconque et les dysharmonies correspondantes.

Et ainsi se trouvent intégrées dans le processus général du développement les dysharmonies de croissance.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1928. — Abeloos (M.). Sur la dysharmonie de croissance chez *Planaria gonocephala Duges* et sa reversibilité au cours du jeune. (*C. R. Soc. Biol.*, 98, p. 917).

1930. — Abeloos (M.). Recherches expérimentales sur la croissance et la régénération chez les Planaires. (*Bull. Biol. France et Belg.*, 64. 1-140).

1929. — Appleton (A. B.). The relation betwen the rate of growth and the rate of ossification in the fœtus of the Rabbit (préliminary communication). (*Proc. Assoc. Anat.*, 1929, p. 23).

1927. — Aron (H.). Biochemie des Wachstums des Menschen und der höheren Tiere. (in Oppenheimer *Handbuch der Biochemie*, t. VII).

1894. — Bateson (W). Materials for the study of variation (*London*).

1892. — Bateson (W.) and Brindley (H. H.). On some cases of variation in secondary sexual characters. (*Statistically examined; Proc. Zool. Soc.*, 585).

1924. — Beau (R. B.). The pulse of growth in Man. A preliminary report. (*Anat. Rec.* 28-45-61).

1930. — De Beer (G. R.). Embryology and Evolution. (*Clarendon Press*).

1930. — Belehradek (J.) and Huxley (J. S.). The rate of eye growth and its variation in *Gammarus chevreuxi*. (*Journ. Exp. Biol.*, t. VII, p. 37).

1932. — Bernard (F.). Comparaison de l'œil normal et de l'œil régressé chez quelques Carabiques. (*Bull. Biol. France et Belgique*, t. LXVI, pp. 112-147).

1933. — Bernard (F.). Croissance de l'œil composé et des ommatidies chez *Notonecta maculata*. (*C. R. Soc. Biol.*, t. CXVII, p. 781).

1935. — Bernard (F.). Croissance des yeux chez les mâles de *Galathea squamifera*. (*Bull. Soc. Zool. Fr.*, t. LX, pp. 59-68).

1936. — Bernard (F.). Changements de taille au cours de la croissance larvaire chez *Notonecta maculata*. (*Livre jubil. Bouvier, Paris*, pp. 121-126).

1937. — Bernard (F.). Recherches sur la morphogénèse des yeux composés d'Arthropodes. Développement, croissance, réduction. (*Bull. Biol. Paris*, supp. 23, pp. 1-162).

1929. — Berkson (J.). Growth changes in Physical correlation — height, weight and chest-circumference, males. (*Human. Biol.*, t. 1, pp. 462-502).

1928. — Bertalanfly (Ludwig). Kritische theorie der Formbildung. (*Berlin Borntraeger*).

1927. — Bodenheimer (F. S.). Uber regelmässigkeiten in dem Wachstum von Insekten. I das Längenwachstum. (*Deutsche Ent. Ztschr,* p. 33).

1938. — Bounhiol (J. J.). Recherches expérimentales sur le déterminisme de la métamorphose chez les Lépidoptères. (*Thèse Paris,* 1938).

1919. — Bounoure (L.). Aliments, chitine et tube digestif chez les Coléoptères. (*Coll. morph. dynamique,* t. V., Paris).

1867. — Broca. I. Sur la prétendue dégénérescence de la population française. (*Bull. de l'Acad. de Méd.,* t. XXXII).
II. Mémoires de la Société d'anthropologie (t. II).

1926. — Brody (S.). Growth and development. A new method for measuring surface area and its utilisation to determine the relation between growth in surface area and growth in weight on skeletal growth in *Dairy Cattle.* (*Experiment. Station Bull.* 96).

1927. — Brody (S.). Growth and development. Their evaluation dans significance. (*Ibid. Bull.* 97).

1927. — Brody (S.). Time relation of growth. Growth constante during the self accelerating phase of growth. (*Journ. Gen. Phys.,* t. X, p. 637).

1927. — Brody (S.). Growth and development. Growth rates during the self accelerating phase of growth. (*Univ. Missouri Agr. exper. Stat. Bull.* 98).

1927. — Brody (S.) Growth and dévelopment. Growth rates during the self-inhibiting phase of growth. (*Hid. Bull* 101).

1927. — Brody (S.). Growth and dévelopment. Relation between weight growth and linear growth with spécial référence to *Dairy Cattle* (*Ibid. Bull.* 103).

1928. — Brody (S.). An analysis of the course of growth and senescence. In growth, by Robbins and other authors. (*Yale University Press.*).

1927. — Brown (L. A.). On the nature of growth processes. (*Journ. Of Gen. Phys.,* t. XI, p. 37).

1914. — Bugnion et Popoff. Les yeux des insectes nocturnes. (*Arch. d'anat. micro.,* t. XVI, pp. 261-304).

1930. — Bush (S. F.) and Huxley (J. S.). Distribution of growth activity in *Eupagurus* (*Nature* 126.-240 - 1).

1930. — Bush (S. F.). Asymmetry and relative growth of parts in the two sexes of the Hermit crab *Eupagurus prideauxi.* (*Arch. Entw. Mech,* 123-129).

1909. — Calman (W. T.). Treatise on Zoology, vol. VII, appendiculata (*3 rd fasc. Crustacea London Blach*).

1929. — Calvert (Ph. P.). Different rates of growth among animals with spécial reference to the *Odonata.* (*Proc. amer. Philos. Societ.,* t. LXVIII, p. 227).

1920. — Cappe de Baillon (P.). Contribution anatomique et physiologique à l'étude de la reproduction chez les *Locustiens* et les *Grilloniens.* (*La Cellule,* t. XXXII, F. 1).

1924. — Champy (Chr.). Sexualité et hormones (*Paris*).

1929. — Champy (Chr.). La croissance dysharmonique des caractères sexuels accessoires, son importance biologique, application pratique de ses lois. (*Ann. Sc. Nat.* (10), t. XII, p. 193).

1922. — Chopard (L.). Faune de France. Orthoptères. (*Paris, Lechevallier*).

1932. — Chopard (L.). Un cas de microphtalmie liée à l'atrophie des ailes chez une blatte cavernicole. (*Soc. entom. Fr., Livre du Centenaire*, pp. 485-496).

1936. — Chopard (L.). Biologie des Orthoptères. (*Paris, Lechevallier*).

1935. — Clark (L. B.). The visual acuity of the findler crab *Uca pugnax*. (*Jour. gen. Physiol.*, t. XIX, pp. 311-319).

1936. — Clark (L. B.) et Heroch (A. H.). A study of relative growth in *Notonecta undulata*. (*Anat. rec. Philadelphia* 67; suppl. 1, p. 78).

1936. — Darlington (Fr. P. J.). The species of Stenomorphus (*Coleoptera carabidæ*) with data on heterogony in *S. Californicus* (men) Pan. Pacific. *Ento. San-Francisco* 12, pp. 33-44).

1928. — Darmois. Statistique mathématique. (*Paris, Doin*).

1935. — Darmois. Statistique et applications. (*Paris, Collection A. Colin*).

1935. — Day (J. H.). Hetorogonic growth in the abdomen of *Carcinus mœnas*. (*Rep. dove mar. Lab. Cullercoats* (3) n° 3, pp. 49-59).

1924. — Donaldson (H.). The rat. (*Memoirs wistar inst. of. anat. and biol.*).

1936. — Drach (P.). Croissance allométrique et dimorphisme sexuel chez les Brachyures. (*S. R. Acad. Sciences, Paris* 203, pp. 820-823).

1897. — Dubois (E.). Sur le rapport du poids de l'encéphale avec la grandeur du corps chez les Mammifères. (*Bull. Soc. Anth., Paris* (4), t. VIII, p. 337).

1918. — Dubois (E.). On the relation between the quantity of the brain, the neurone and its parts, and the size of the body. (*Proc. acad. of the Sc. of Amsterdam*, t. LXX).

1920. — Dufestel (L.). La croissance. (*Paris, Doin*).

1925. — Faure-Fremiet (E.). La cinétique du développement. (*Paris*).

1923. — Faure-Fremiet (E.) et Dragoin (J.). Le développement du poumon fœtal chez le mouton. (*Arch. anat. micr.*, t. XIX, p. 411).

1930. — Faure-Fremiet (E.). Growth and differenciation of the colonies of *Zoothamnium alternans*. (*Biol. Bull.* 58; 28).

1931. — A : Ford (E.). Growth in length during the transition from larva to adolescent in the *Pilchard* and *Sprat*. (*Journ. mar. Biol. Assn.* 17, 977-85).

— B : Ford (E.). Changes in length during the larval life and metamorphosis of the freswater Ecl. (*Anguilla vulgaris Turt*). (*Journ. mar. Biol. Assn.* 17; 987-1000).

1902. — Godin. Recherches anthropométriques sur la croissance des diverses parties du corps. (*Paris*).

1912. — Les proportions du corps pendant la croissance.

1913. — La croissance pendant l'âge scolaire. Neuchâtel.

1938. — Gray (E. H.) and Newcombe (C. L.). The relative growth of parts in the blue crab *Callinectes Scapidus* Rathbun. (*Growth nenasha* 2; pp. 235-246).

1921. — Hammond (J.). On the relative growth and development of Various breeds and Crosses of sheep. (*Jour. Agric. Sci.* 11; pp. 267-407).

1931. — Handström (B.). Neue untersuchungen über sinnesorgane und nervensystem der Crustaceen I. (*Zeit. f. morth. und Okol der Zure,* t. XXIII, pp. 80-236).

1932. — Handström (B.). Neue untersuchungem über sinnesorgane und nervensystem der Crustaceen II. (*Zool. Jahrb. Anat.*, t. LVI, pp. 387-520).

1938. — Harries (F. H.) et Henderson. G. F. growth of insect with reference to progression factora for successive growth stages. (*Ann. ent. soc. Columbus,* 31, pp. 997-972).

1924. — A. : Huxley (J. S.). The variation in the width of the abdomen in immature fiddler Crab considered in relation to its relative growth rate. (*Amer. Natur.*, t. L, p. 468).

— B. : Huxley (J. S.). Constant differential growth ratios and their significance. (*Nature* 114; 895).

— C. : Huxley (J. S.). Early embryonic différentiation. (*Nature* 114; 3).

1926. — Huxley (J. S.). The annual increment of the Antlers of the red deer (*Cervus elaphus*). (*Proc. Zool. Soc.* 1021).

1927. — A. : Huxley (J. S.). Further work on Heterogonic growth. (*Biol. Trentalbl.* 47, 151).

— B. : Huxley (J. S.). Discontuinous variation and Heterogony in *Forficula.* (*Jour. Gen.*, 17, 309).

— C. : Huxley (J. S.). On the relation between eye-weight ind\body - weight in birds. (*Journ. Linn. Soc.* (*Zool.*), 36; 457).

— D. : Huxley (J. S.). Studies on Heterogonic growth (IV). The limodal cephalic horn of *Xylotrupes gideon.* (*Jour. Genetics,* 17-45).

1931. — A. : Huxley (J. S.). The relative size of antlers in Deer. (*Proc. Zool. Sol.*, 819-64).

— B. : Huxley (J. S.). Notes on differential growth. (*Amer. Nat.* 65; 289-315).

— C. : Huxley (J. S.). Relative growth of mandibles in stag-beetles (*Lucanidae*). (*Linn. Soc. Jour.* (*Zool.*), vol. 37, pp. 675-703).

1931. — Huxley (J. S.) and Richards (O. W.). Studies in Heterogonic growth (8) changes in proportions in the abdomen of the shore-crab *Carcinus mænas.* (*Jour. Mar. Biol. Assn.* 17-1001).

1932. — Huxley (J. S.). Problems of relative growth. (*London Methuen,* 1932).

1936. — Huxley (J. S.) and Teissier (G.). Terminologie de la croissance relative. (*C. R. Soc. Biol.*, t. CXXI, p. 934).

1937. — Ingrand (M.). Morphologie des pinces et caractères sexuels secondaires de *Munida bamffica.* (*Trav. Stat. biol. de Roscoff,* pp. 1-34).

1938. — Kellogg (C. R.). Biometrical studies on Capis Florea Fabricius China J. Shanghaï 28, pp. 173-176.

1938. — Koller (G.). Hormone bei wirbellosen tieren. *Leipzig.*

1937. — Kostitzin. Biologie Mathématique. (*Paris, A. Colin*).

1928. — KUNKEL (B. W.) and ROBERTSON (J. A.). Contributions to the study of relative growth in *Gammarus Chevreuxi*. (*Journ. Mar. Biol. Assn*, 15, 655).

1927. — LAMBERT (R.) et TEISSIER (G.). Théorie de la similitude biologique. (*Ann. Physiol. et Phys. Chimie Biol.*, t. III, p. 212).

1904. — LEINEMANN (K.). Uber die Zahl der facetten in der Zusammengesetzken augen der Coleopteren. (*Inaug. Diss. Unis. Müster W. Kildsheim*).

1924. — L'HÉRITIER (Ph.). Contribution à l'étude de la croissance et du métabolisme de la souris. (*Ann. Physiol. et Phys. et Chim. Biol.*, t. V, p. 1).

1928. — L'HÉRITIER (Ph.) et TEISSIER (G.). Les courbes de croissance des metazoaires et leur analyse. (*C. R. de la Société de Biologie*, t. C, p. 235).

1898. — LAPICQUE (L.). Sur la relation du poids de l'encéphale au poids du corps. (*C. R. de la Société de Biol.*).

1908. — LAPICQUE (L.). Le poids encéphalique en fonction du poids corporel chez les individus d'une même espèce. (BULL. *Soc. Anthr., Paris* (5), t. VIII, p. 313).

1907. — LAPICQUE (L.). Tableau général des poids somatiques et encéphaliques dans les espèces animales. (*Bull. Soc. Antrh., Paris* (5), t. VIII, p. 248).

1910. — LAPICQUE (L.). Relation du poids encéphalique à la grandeur rétinienne dans quelques ordres de mammifères. (*C. R. Acad. Sc.*, t. CLI, p. 1393).

1908. — LAPICQUE (L.) et LAUGIER (H.). Relation entre la grandeur des yeux et le poids de l'encéphale chez les Vertébrés inférieurs. (*C. R. de la Soc. de Biol.*, t. LXIV, p. 1108).

1923. — LAPICQUE (L.) et GIROUD (A.). En fonction de la taille de l'animal le nombre des neurones sensitifs varie moins que celui des neurones moteurs. (*C. R. de la Soc. de Biol.*, t. LXXXIX, p. 937).

1925. — LÉVI (G.). Wachstum und Körpergrosse. (*Ergebn der Anatom, und Entw. gesch*, t. XXVIII, p. 87).

1935. — MEYER (P. F.). Wachstum und altersuntersuchungen an der Nordseekrabbe *Crangon vulgaris*. (*Fabr. Zool. Anz., Leipzig*, pp. 145-152).

1937. — MELAMPY (R. M.), WILLIS (E. R.) et Mc GREGOR (S. E.) The growth and development of female bee *Apis mellifica*. (*Anat. Rec. Philadelphia* 70, suppl. I, p. 81).

1923. — A. : MORGAN (T. H.). The development of asymmetry in the *Fiddler Crab*. (*Amer. Nat.*, 57, 269).

— B. : MORGAN (T. H.). Further évidence on variation in the width of the abdomen in immature *Fiddler-crab*. (*Amer. Nat.*, 57, 274).

1926. — NOMURA (E.). An application of $a = K b^x$ in expressing the growth relation in molluscan schells. (*Sc. rep. Tôhoku impr. univ.* (4), t. II, pp. 53 et 57).

1923. — OLMSTEAD (J. M. D.) and BAUMBERGER (J. P.). Form and growth of Grapsoïd crabs, a comparison of the form of Grapsoïd crabs and their growth at moulting. (*Journ. morph.*, t. XXXVIII, p. 279).

1936. — PAULLIAN (R.). L'existence d'un stade critique dans la croissance relative de l'*Eupagurus prideauxi* (Crustace anomoure). (*C. R. Soc. Biol., Paris* 121, pp. 435-437).

1927. — Pearl. The graphic representation of relative variability. (*Science*, t. LXV, p. 237).

1930. — Pearl (R.). Introduction to medical biometry and statistica. (*Philadelphia* 1930).

1927. — Perez (Ch.). Caractères sexuels chez un crabe oxyrhynque (*Macropodia rostrata L*). (*C. R. Acad. Sc.*, t. CLXXXVIII, p. 94).

1927. — Perez (Ch.). Différences sexuelles dans l'ornementation et dans le système pigmentaire chez un crabe oxyrhynque (*Macropodia rostrata*. (C. R. *Acad. Sc.*, t. CLXXXVIII, p. 271).

1927. — A. : Perez (Ch.). Caractères sexuels de l'abdomen chez les Galatheidés. (*Bull. Biol. Fr. et Belg.*, t. LXI, p. 264).

— B. : Perez (Ch.). Evolution post larvaire des Pléopodes chez les Galathées. (*C. R. Acad. Sc. Paris*, t. CLXXXIV, p. 703).

— C. : Perez (Ch.). Caractères sexuels chez un crabe oxyrhynque (*Macropodia rostrata*). (*C. R. Acad. Sc. Paris*, t. CLXXXVIII, p. 94).

1934. — Perez (Ch.). Les Pagures ou Bernards l'Ermite. (*Paris, Hermann*).

1936. — Perez (Ch.). Sur la Terminologie de la croissance relative. (*C. R. Soc. Biol.*, t. CXXIII, p. 1058).

1929. — Perkins. Growth gradients and the Axial gradients of the animal body. (*Nature*, 124, 299).

1918. — Pezard (A.). Le conditionnement physiologique des caractères sexuels secondaires chez les oiseaux. (Bull. *biol. Fr. et Belg.*, t. LII, p. 1).

1921. — Pezard (A.). Numerical Law of regression of certain secondary sex characters. (*Journ. Gen. Physiol.*, 3, 27).

1932. — Prat (H.). L'épiderme des graminées, étude anatomique et systématique. (*Ann. Sc. Nat. Bot.* 14 (10) : 117-324).

1934. — Prat (H.). A Biometric study of the culms of Cereals and grasses. (*Canadian journ. of research* (10) : 563-570).

1902. — Przibran (H.). Intraindividuelle variabilität der carapax-dimensionen bei brachyuren crustacen. (*Arch. Entw. Mech.*, 13, 588).

1917. — Przibram (H.). Wachstummessungen and *Sphodromantis bioculata* Burm. Länge regenerierender und normaler schreitbeine. (*Arch. Entw. Mech*, 43, 1).

1930. — Przibram (H.). Wachstumsmessungen an *Sphodromantis bioculata* Burm. IV. Zunahme der Facetten grösse und Anzahl. (*Arch. f. Entw. Mech.*, t. LXXII, p. 280).

1930. — Przibram (H.) und Brecher (L.). Wachstumsmessungen an *Tenodora aridifolia* Stoll. einer japanische Langheuschrecke. (*Arch. f. Entw.* Mech., t. LXXII, p. 251).

1912. — Przibram (H.) und Megusar (Fr.). Wachstumsmessungen an *Sphodromantis bioculata* Burm. I. *Länge* und Masse. (*Arch. f. Entw. Mech.*, t. XXXIV, p. 680).

1926. — Sasaki (K.). On a formula for determinine the weight of the brain of *Carassius auratus*, etc. (*Sc. Rep. Tohöku Imp. Univ.* (4), t. I, p. 239).

1928. — Sasaki (K). On the growth of *Telmessus cheiragonus*. (*Sc. Rep. Tohöku Imp. univ.* (4 *th. Ser. Biol.*), t. III, p. 805).

1927. — Schmalhausen (J.). Beiträge zur quantitativen analyse der Formbildung I Uber die Gesetzmässig. Keiten des Embryonalem Wachstums. (*Arch. f. Entw. Mecht.*, t. CIX, p. 455).

1928. — Schmalhausen (J.). Das Wachstumsgesetz und die Methode der Bestim mung der Wachstumskonstante. (*Arch. f. Entw. Mech.*, t. CXIII, p. 462).

1906. — Smith (G. W.) Rhizocephala in fauna u Flora des golfes v. Neapel, vol. 29.

1906. — Smith (G. W). High and low dimorphism. (*Nitt. Zool. Stat. Neapel*, t. XVII, p. 312).

1928. — Schaw (M. E.). A contribution to the study of relative growth of parts in *Inachus dorsettensis*. (*Journ. exp. Biol.*, t. VI, p. 145).

1935. — Smith (W. C.). Growth of the young Lobster (*Homarus vulgaris*), pp. 51-60. An experiment in Lobster rearing, pp. 61-64. (*Proc. Lpool. Biol. Soc.* 48).

1900. — Straz. I. Die schönheit des Weiblinchen Körpers. (*Stuttgart*, 1900). II. Der Körper der Kindes. (*Stuttgart*, 1909).

1914. — Sztern (H.). Wachetummessungen an *Sphodromantis bioculata* Burm II Länge Breite und Höhe. (*Arch. f. Entw. Mech.*, t. XL, p. 429).

1930. — Tazelaar (M. A.). The relative growth of parts in *Palœmon carcinus*. (*J. exp. Biol.*, t. VII, p. 165).

1938. — Tazelaar (M. A.). Some studies on regeneration and relative growth of limbs in mayfly larvæ. (*Proc. Zool. Soc. London* (*A*) 108, pp. 257-265).

1926. — Teissier (G.). Sur la biométrie de l'œil à facettes des insectes. (*Bull. Soc. Zool. Fr.*, t. LI, p. 501).

1927. — Teissier (G.). Similitude biologique et croissance pondérale. Interprétation des « cycles de croissance. (*C. R. de la Soc. de Biol.*, t. XCVI, p. 955).

1927. — Teissier (G.). La croissance nucléaire en fonction de la croissance cellulaire, au cours de l'ovogenese chez *Hydractinia échinata* (Flem.). (*C. R. de la Soc. de Biol.*, t. XCVII, p. 1524).

1928. — Teissier (G.). La grandeur du métabolisme en fonction de la taille. Etude de biométrie théorique. (*C. R. Soc. Biol.*, t. XCVIII, p. 842).

1928. — Teissier (G.). Sur l'indépendance relative de la croissance et des mues chez les insectes. (*C. R. Soc. Biol.*, t. XCVIII, p. 903).
Teissier (G.). Croissance des populations et croissance des organismes. Examen historique et critique de quelques théories. (*Ann. Physiol. et phys. Chim. Biol.*, t. IV, p. 342).
Teissier (G.). Sur la croissance pondérale du squelette chitineux chez les insectes. (*C. R. Soc. Biol.*, t. XCIX, p. 299).
Teissier (G.). Sur les dysharmonies de croissance chez les insectes. (*C. R. Soc. Biol.*, t. XCIX, p. 297).
Teissier (G.). Sur quelques dysharmonies de croissance des crustacés brachyures. (*C. R. Soc. Biol.*, t. XCIX, p. 1934).

1929. — Teissier (G.). Dysharmonies biochimiques dans la croissance larvaire de *Tenebrio molitor L.* (*C. R. Soc. Biol.*, t. C, p. 1171).

1930. — Teissier (G.). Sur l'énergétique de la croissance de *Tenebrio molitor L.* (*C. R. Soc. Biol.*, t. CIV, p. 857).

1930. — Teissier (G.). Discontinuités et indéterminations dans la croissance biochimique de *Galleria mellonella L.* (*C. R. Soc. Biol.*, t. CIV, p. 859).

1931. — Teissier (G.). Recherches morphologiques et physiologiques sur la croissance des insectes. (*C. R. des travaux du Laboratoire de Roscoff*).

1933. — Teissier (G.). Etude de la croissance de quelques variants sexuels chez *Macropodia rostrata L.* (*Bulletin Biol. Fr. et Belg.*, t. LXVII, p. 401).

1934. — Teissier (G.). Dysharmonies et discontinuités dans la croissance. (*Paris, Hermann*).

1935. — Teissier (G.). Croissance des variants sexuels chez *Maïa squinado.* (*Trav. Stat. Biol. Roscoff*, pp. 91-130).

1936. — Teissier (G.). La loi de Dyar et la croissance des Arthropodes. (*Livre jubil., Bouvier, Paris*, pp. 335-342).

1935. — Templeman (W.). Local différences in the body proportions of the lobster *Homarus americanus.* (*J. Biol. Bel. Toronto I*, pp. 213-226).

1928. — Terao Arato. Growth of the lobster *Homarus americanus.* (*Proc. soc. for exper. biol. and Mech.*, t. XXV (5), p. 353).

1917. — Thompson (d'Arcy W.). On growth and form. (*Cambridge*).

1940. — Timon David J. (D). Fragments de biologie entomologique. Hormones et milieu intérieur chez les insectes. (*Extrait des Annales de la Faculté des Sciences de Marseille*).

1876. — Topinard. Etude sur la taille considérée suivant l'âge, le sexe, l'individu et les races. (Paris).

1931. — Watanabe (Y.). I. On the physiological axial gradients of Chateopod annelids.
II. Axial gradients of oxidizable substance in Barthworms as determined by the manoilov reaction. (*Sci. repts. Tohöku imp. univ. 4 th series (Biol.*, 6, 437-73).

1936. — Weymouth (F. W.) and Mackay (D. C. G.). Analysis of the relative growth of the pacific edible crab : *Cancer Magister.* (*Proc. Zool. Soc. London*, pp. 257-280).

1939. — Wigglesworth (V. B.). The principles of insect physiology. (*Methuen London*).

1940. — Woodruff Nathan (H.). Mathematico used in biology. (*Journ. Tenessec Acad. Sci.* 15 (2) pp. 177-266).

1936. — Yamanouti. Kopromètrie zur Wachstusnessungen der Orthopteren. (*Biol. Génér., Vienna* 12, n° 1, pp. 143-152).

1936. — Yamanouti. Wachstumsmessungen an *Sphodromantis bioculata* Brum. V. Bestimmung der absoluten Zurnahmswerte der facetten grösse und Anszahl. (*Biol. Géné. Vienna* 12, n° 1, pp. 126-148).

1938. — Yasumatsu (K.). Allometry in *Thalessa citraria* (Olivier). (*Mushi Fukuoka* 11, pp. 103-109).

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNEES PAR LA FACULTE :

I. — La mesure des températures.

II. — Le trias de la région de Toulon.

Vu et approuvé :
Marseille, le 2 Mars 1943
Le Doyen de la Faculté des Sciences
Georges CORROY

Vu et permis d'imprimer :
Aix, le 3 Mars 1943
Le Recteur,
Pierre MARTINO

Table des Matières

Introduction 7

PREMIERE PARTIE

Historique 11

Technique 21

Programme des recherches 25

DEUXIEME PARTIE

A. — Mantis religiosa 29

1. — *Préambule* 29

2. — *La tête* 32

le mâle 33
la femelle 35
conclusions 36

3. — *L'œil* 40

le mâle 40
la femelle 44
conclusions 47

4. — *L'antenne* 50

le mâle 50
la femelle 54
conclusions 58

5. — *Tête, œil, antenne* 60

le mâle 60
la femelle 62

6. — *Les ailes* 65

le mâle 65
la femelle 68
conclusions 70

7. — *L'abdomen* 71

le mâle 72
la femelle 74
conclusions 74

8. — *La patte ravisseuse* 76
le mâle 77
la femelle 78
conclusions 78

9. — *Résumé et conclusions relatifs à Mantis Religiosa* 80

10. — *Remarques sur la phase adulte et la mue imaginale* 90

B. — ACRIDA TURRITA 93

1. — *Préambule* 93

2. — *La tête* 97

3. — *L'œil* 99
le mâle 99
la femelle 102
conclusions 104

4. — *L'antenne* 106
Tête, œil, antenne 106
le mâle 108
la femelle 109

5. — *Les ailes* 112
le mâle 112
la femelle 113
conclusions 114

6. — *L'abdomen* 116
le mâle 116
la femelle 118
conclusions 120

7. — *Résumé et conclusions relatifs à Acrida turrita* 121

TROISIEME PARTIE

CONCLUSIONS 131

A. — *Etude comparée de la croissance biométrique de deux orthoptères : Acrida turrita et Mantis religiosa* 131

B. — *Discussion et conclusions générales* 134

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE 149